

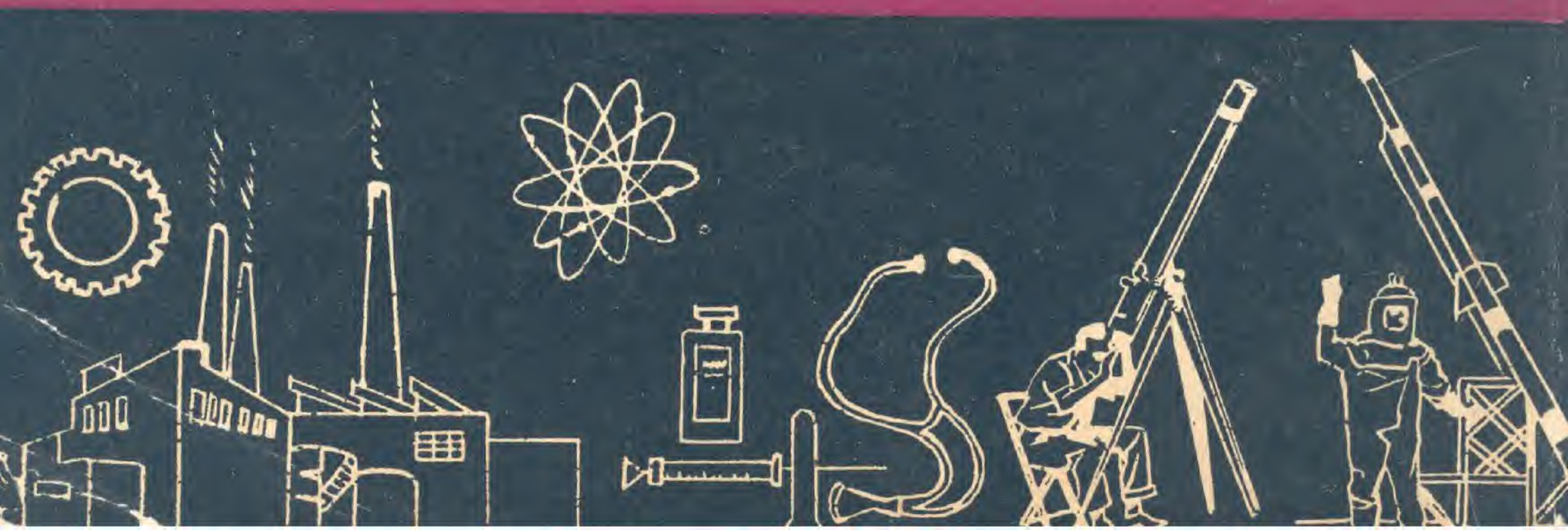


# الكشف العلمي

تأليف : د. م. ستيرنر

ترجمة : أحمد محمود سليمان

مراجعة : د. محمد جمال الدين الفندي





العلم للجميع

العدد ٥

سلسلة نشر نصف شهرية عن

دار الكاتب العربي للطباعة والنشر

المؤسسة المصرية العامة للتأليف والنشر

وزارة الثقافة

مستشار التحرير:

نسيم الكيلاني

صلاح جلال

محمد رواش المديب

محمود مسام حسن

المشرف:

أسامة أمين الخولي



العام للجميع

# الكشف العلمي

تأليف : د. م. س. بيرنر  
ترجمة : أحمد محمود سليمان  
مراجعة : د. محمد جمال الدين الفندقي

● ماهي اللدائن ؟

● ماهي المضادات الحيوية ؟

● ماهو الميثانون العلمي ؟

● لماذا نرتاد الفضاء ؟

● كيف اكتشفت الكهرباء ؟







## تقديم

كان العلم حتى وقت حديث يدرس في معاهد التعليم وفي كل مكان آخر سواها على أساس واقعي • وكان المدرس يعتبر أنه قد أدى واجبه حينما يكون قد شرح الفلواهر ، وأثبتها ، وربطها بنظرية مقبولة معقولة • ونتيجة لذلك يكون الأمر من وجهة نظر التلميذ قد اتخذ مظهر الانتهاء •

وهذا الاتجاه الذي لا يتلاءم مع أى فرع من فروع المعرفة الحقة لا يتلاءم بوجه خاص مع الفرع من المعرفة الخاص بالطبيعة والذي يسمى (( العلم )) ، وذلك لأن العلم مثله مثل أى نوع من أنواع المعرفة له أسس ثابتة وطيدة فى الماضى • ان الشخص الذى يشتغل بالعلم انما يشغل نفسه بمعرفة انحدرت اليه من أسلافه ، تماما كما يفعل المحامى أو كما يفعل رجل الدين • واذا كانت مادة المعرفة العلمية تتطور وتنمو بدرجة أسرع من الشرائع القانونية أو الدينية ، فان ذلك يكون أدعى لمعرفة شىء عن أحوال تغيرها ونموها • ومن الممكن أن يتم هذا فقط عن طريق دراسة تاريخها ، فالعلم ما هو الا نتاج حيوى يمكن ايضاح طبيعته الحقة فقط بتتبع قصة تطوره، مثله فى ذلك كمثلى النتائج الأخرى لأوجه النشاط الحيوى • ان الماضى والحاضر وحدة لا انفصام لها •

ومع ذلك فليس عمليا أن نقتصر على تدريس قصة العلم خلال التاريخ فحسب • ان التعليم الآن منظم ، ونظام الدراسات المتجانسة أكثر ارضاء للنفس ، من جهة لأن الظروف الحالية للتعليم المعملى التجريبي لا تتلاءم بسهولة مع الشرح التاريخى ، ومن جهة أخرى فانه من غير المرغوب فيه اطلاقا أن نصرف ذهن التلميذ عن الحقيقة الجوهرية التى تتلخص فى أن العلم فى جوهره يختص بالبرهان المباشر لا بالحوار الذى يدور حول هذا البرهان •

اننى أندفع حيث تدفعنى الحقائق بقوتها  
اذ لا سبيد لى التزم بكلماته

هورس



ان هذين البيتين للشاعر الرومانى هورس (١) قد أوجزا ايجازا  
مناسبا جدا اتخذ شعارا لأول جمعية علمية فى بلادنا « لا تقديس لكلمة  
انسان » \*

ان تعليم التاريخ فى ذات طبيعته لا يمكن أن يقترن باقامة البرهان .  
وانى لأرى أنه من الحكمة لهذا السبب أن نفصل التساريخ عن التعليم  
التجريبى ، وانه من الأخرى أن نقوم بتدريس تاريخ العلم كفرع مستقل  
بذاته من أن نربط بين التساريخ والعلم . اننا نحتاج لكل منهما بدرجة  
متساوية . وربما يحين الوقت الذى توجد فيه طريقة مرضية لربط  
الاثنين سويا . وحتى يحل هذا الوقت فانه من شأن مؤلفات كمؤلف  
الدكتورة تيرنر أن تقف حائلا دون انتكاس العلم منجلوا الى الحالة  
العقائدية التى ما زال معرضا كل التعرض لأن يتخذها .

شارلز سنجر

---

( ١ ) الشاعر والهجاء الرومانى الشهير ( ٦٥ - ٨ ق.م ) واسمه الحقيقى ثلاكوس كوينتوس  
هوريشيوس ، وكان صديقا لفيرجيل ، وقد اكتسب شهرة خالدة بهجاءاته وأغانيه .



## مقدمة

لقد حاولت في هذا السفر أن أبين كيف نمت بعض نواحي معرفتنا العلمية الحالية ، وانحصرت معالجاتي لهذا الأمر في النقاط العامة • وكلما دنوت من الأزملة الحديثة كلما اقتضى الأمر إيجازاً أوفى • وقد اقتضب عدد الأسماء المذكورة إلى أضيق الحدود الممكنة • ومن الواجب اعتبار هؤلاء الرواد الذين ذكرت أسماؤهم أمثلة نهطية لعصرهم ، لا أن يؤخذوا على أنهم هم الذين أسهموا بمفردهم في كشف معين •

وانى لمدينة في اعداد هذا الكتاب لكثير من الأصدقاء لاسمائهم الى كثيرا من المعونة القيمة • لقد وجد الأستاذ شارلز سنجر ، ومسز سنجر وقتنا لقراءة المخطوط ونقده وسط دورة محاضرات شاقة •

وعلى أن أعبر عن امتناني فوق ذلك للأستاذ سنجر لتقديم هذا الكتاب ، بينما تكرمت مسز سنجر ووضعت تحت تصرفي نتائج بعض أبحاثها عن نقولا الكوزوى • وقرأ الدكتور إيفور هارت المخطوط بأجمعه وأعاننى بكثير من النقد القيم • ومما الى يد المساعدة فى نقاط خاصة كل من المستر روبرت ستيل ، والدكتورة ليلى ميستر ، والأنسة فرانسيز كولينز ، والأنسة هود وليمز ، والدكتور روبرت ديبس ، والمستر ر. ه. ريت • ، وقد تكرم الأستاذ فراكنبيرجر أستاذ علم الأنسجة بجامعة كومنسكى فى براتسلافا فأمدنى بالصور الدقيقة المجهرية التى تضمنتها لوحات الفصل الحادى عشر • وساعدنى المستر أ. أ. اليس من المتحف البريطانى مساعداً كبيرة فى اختيار وسائل الإيضاح •

وانى لمدينة بشكر خاص لزوجى لنقده القيم ولنصيحته وتشجيعه •

د • م • تيرنر

## مقدمة الطبعة الثانية

أثناء اعداد هذه الطبعة الجديدة قمت باجراء بعض التنقيح في الفصل العاشر والحادي عشر والثاني عشر ، وأعدت كتابة الفصل الثالث عشر مضيغة اليه فيما عدا القسمين الأخيرين منه . أما الفصلان الرابع عشر والخامس عشر فهما جديدان كل الجدة . واني لمدينة بالكثير للأنسنة جويس رجبى وللدكتور ايفور هارت لمعاونتهما لى فى بعض النقاط الخاصة . وللدكتور أ. آستوربورت أندروود مدير المتحف الطبى التاريخى فى وكومب لوضعه تحت تصرفى المواد التى استقيت منها وسائل ايضاح لهذه الطبعة . واني لمدينة كذلك بأطبيب تشكراتى للمسترن . أ. ج. رولينز المستشار العلمى للمشرفين على صالة العرض القومية وذلك من أجل الصورة الاشعاعية السينية لرأس رجل رسمها الفنان أنتونيللو .

د . م . تيرنر

## مقدمة الطبعة الثالثة

ان المدى الذى وصل العلم اليه الآن فى تشكيل حياة الناس ، وأفكارهم أدى الى الرأى القائل بأنه من الواجب أن يكون للعلم نصيب فى تاريخ الحضارة . وبذلك يجد له مكانا فى البرامج المدرسية .

وقد أتت المطالبة بهذا من أولئك الذين يراودهم الأمل فى أن مثل تلك الدراسة سوف يكون من شأنها أن تهيب لغير العالم بعضا من الادراك للعلم ، كما تكون تدريبا مفيدا لأولئك الذين يميلون الى الاستهانة بما أنجزه الماضى من أعمال مجيدة .

وبمثل هذه الأفكار التى دارت فى خلدى نقحت كتابى الأول فى تاريخ العلم . وأضفت فصولا الى بعض الموضوعات الكثيرة التى يصادفها القارئ العادى الآن فى كل مكان .

د . م . تيرنر



## الفصل الاول

# نظرة الى الوراء

### ١ - بعض مميزات التفكير في القرون الوسطى

تصور لحظة أنك تعيش في انجلترا في القرن الثاني عشر ، وأنك مهما كانت مهنتك ستتشرب آراء معينة ، ونظرة معينة الى الحياة من أولئك الناس الذين تعيش بينهم - انك ستتطلع الى الماضي باحثا عن الحكمة والحقيقة ، وحينما تطرأ مسألة فانك ستبحث عما قاله قدامى المؤلفين بصدددها ، وتصديق دون جدال ما قالوه . وستتولاك الحيرة وتصدم لو أنك سمعت عن رجل عالم يقوم باجراء تجارب ، ولن يطرأ على بالك اطلاقا أن تقوم باكتشاف أمر بنفسك .

ان حكمة الماضي التي لاقت مثل هذا التبجيل خلال القرون الوسطى كانت غالبيتها مستمدة من مؤلفات اغريقية معينة وجدت طريقها الى أوروبا المسيحية . ولكن تلك المؤلفات تداولتها ترجمات عدة وتسربت اليها أخطاء حتمية فكثير من المؤلفات الاغريقية الأصلية ترجمت الى السريانية<sup>(١)</sup> أو العبرية ، ثم بعد ذلك الى العربية ، ثم الى اللاتينية . ولم تكن هناك آلات طباعة في تلك الأيام ، فكان لا بد من نسخ كل كتاب باليد . وعلى ذلك فان النسخ وإعادة النسخ المستمرين جعلوا أخطاء الترجمة أشد فحشا . ونتج عن ذلك أن المؤلفات العلمية الأولى التي وصلت أوروبا المسيحية كانت تختلف اختلافا بينا في معناها عن أصولها الأولى . وعلاوة على ذلك لم تكن كل مؤلفات الكتاب القدامى ميسورة اقط . ونتيجة لذلك وبصرف النظر عن أخطاء الترجمة والنسخ فان مفكرى القرون الوسطى لم يكن لديهم المام تام بعلوم الماضي .

أما الآن فان العلم لا يمكن أن يتلقفه جيل من جيل آخر أو تتلقفه حضارة جديدة من حضارة قديمة كما يتلقف الانسان طرودا محزومة تحزيمًا

---

( ١ ) لغة سوريا القديمة وهي لهجة من لهجات اللغة الارامية .

( المترجم )



أنيقاً ، اذ هناك تغير مستمر . ان بعض مظاهر العلم القديم تتعلق بأذهان الناس أكثر من غيرها حتى تصل الى درجة الابتذال ، كما يزداد اهتمام الناس ببعض الأفكار ويتجاهلون أخرى ، ولذلك فكل جيل يضيف شيئاً الى المجموع الاصلى أو يسقط شيئاً منه . وبهذه الطريقة نشأت في العصور الوسطى بعض معتقدات كانت عبارة عن نسخ محرفة جداً للمعلومات القديمة الأصلية . فمثلاً كان الانسان يعتقد من أزمان متوغلة في القدم أنه من الممكن التنبؤ بالقدر من ملاحظته للنجوم ، وكان يظن أن هذا صحيح على الأخص فيما يتعلق بالعظماء في الأرض . اذ كان الناس يعتقدون أن السموات نفسها تلفظ نارا اعلاناً عن موت الأمراء . وبهذه الطريقة نشأ العلم المعروف بعلم التنجيم . وقد ارتبطت تعاليم التنجيم في القرون الوسطى ببعض نظريات الفلاسفة الاغريق عن الكون . وبهذه الطريقة اكتسبت تلك التعاليم مهابة خاصة . وقد ظل هذا التنجيم المضطرب في الحقيقة موضوعاً مبجلاً بين الموضوعات الدراسية حتى وقت متأخر من القرن السابع عشر .

ولم تكن هناك في القرون الوسطى أية فكرة عن التخصص كالفكرة التي لدينا الآن . فلم يكن يتخصص العالم في دراسة حياة النبات ، أو في فرع من فروع الرياضيات ، أو في لغة ما . انه كان يدرس العلم ككل . ولذلك فان أولئك الذين كانوا يعتبرون أنفسهم فلاسفة كانوا يطيلون التأمل في المؤلفات القديمة ، ويضعون كتباً فيما يظنونهم العلم كله ، وحاولوا اعطاء أوصاف تامة للكون وللطبيعة البشرية وللحياة الأخرى .

وكانت روح الاستقصاء الجريء منعدمة انعداماً كلياً في تلك الأيام — فمثلاً كانت المخطوطات التي تصف دقائق بعض النباتات تنسخ ويعاد نسخها ، وتتكرر أخطاءها مرة تلو المرة . على الرغم من أن مجرد ملاحظة للحظات قليلة كانت كافية لأن تظهر للكاتب أنه كان مخطئاً .

وكانت التعاليم التي تتناسب مع تفسير الكتب المقدسة والتي يقوم بها كبار رجال الكنيسة منزهة عن النقد . وكانت قيمة العلم من أجل العلم أقل من قيمته كمعنوان على توكيد مكارم الأخلاق .

فعلم الحيوان مثلاً في تلك الأيام المظلمة كان يتمثل في مجموعة من القصص العلمية والقصص الخرافية في كتاب الدواب ، الذي صنف في القرون الأولى من العصر المسيحي . وفي هذا المؤلف الغريب بقصصه عن العنقاء التي ترتفع من النار دون أن يمسه أذى ، والبجعة التي تغذي صغارها بدماء قلبها ، والجوادم ذى القرن الواحد أو الأونيقرورن كانت تختلط فيه البيانات سواء كانت صحيحة أو محرفة بأمثال توضيحية من الكتب المقدسة . وكان الناس يصدقون هذا كله ، كما كانت هذه القصص الخرافية تنتقل من جيل الى جيل دون أن يرتاب أحد في صحتها .







وعلى ذلك فإن النظرة العامة فى القرون الوسطى لم تكن تحمل فى طياتها أى تشجيع لدراسة منظمة للطبيعة ، تلك الدراسة التى نطلق عليها كلمة « العلم » . ولذلك فعلى الرغم من أن علماء القرن الثانى عشر والثالث عشر الذين يطلقون عليهم اسم « المدرسين » كانوا ممتازين فى الجدل ، إلا أنهم فى نظرنا أفسدوا كل حججهم لأنهم كانوا يحاولون دائما أن يجعلوا استنتاجاتهم تتلاءم مع ما وصل اليه أرسطو الفيلسوف الأغريقى العظيم من نتائج ، حيث كانت عقيدتهم الثابتة أن كل شىء قاله كان صحيحا . ومع ذلك فقد كان عليهم أن يتراجعوا مرة ثانية اذا لم تتفق الاستنتاجات مع بعض النواميس الكنسية ، ويقيموا الحجة على أن أرسطو كان يقصد أمرا آخر .

ومثل هذه الطريقة ، طريقة النظر الى الوراء لم يكن لها أن تؤدى اطلاقا الى بحث تقدمى عن الحقيقة . وكان العلم يعتبر فى واقع الأمر شيئا من أشياء الماضى ، شيئا يستحق الاكتناز لا شيئا جيا من الواجب أن تهيأ له أسباب النمو . وقد ساد هذا الاتجاه قرونا حينما كان العلم فى يد القلة ، وكانت الكتب المطبوعة غير كافية ، وكانت غالبية الرجال والنساء يقضون كل حياتهم فى نفس المدينة أو القرية . ولكن هذه الأحوال أخذت تتغير فى الأيام الأخيرة من القرون الوسطى ، اذ أخذت تتحطم عزلة القرى المكتفية ذاتيا ، وعزلة السيد فى قلعته ، كما أخذت الثروة تتداولها الأيدي وبدأ الناس يكثرون من الأسفار ، كما بدأ الشباب ذو الإدراك البسيط من الذين كانوا حبسساء أوطانهم يصقلون أذهانهم باحتكاكهم بأقوام من أماكن بعيدة ، وحسدت تبادل للأفكار وبدأ الناس ينظرون الى العالم بعيون جديدة .

## ٢ - الكيمياء القديمة

هناك عمليات كيميائية يرجع تاريخها الى الماضى السحيق . فاستخلاص بعض المعادن من خاماتها وحرق الفخار وطلاؤه بالخزف ، وصناعة الزجاج والميناء واستخراج صبغة جميلة تدعى بالقرمز الصورى (١) من أنواع معينة من المحار . كل هذه الطرق كانت معروفة قبل المسيح بمئات السنين

وكانت مثل هذه العمليات فى حاجة الى صناع مهرة . ولكنه مما يؤسف له أن اكتساب المهارة وادخال التحسينات على الطرق الفنية لا تطابق هوى عند جميع الناس ، فالرغبة فى الثراء وحصول الانسان على شىء من لا شىء موجودة باستمرار بين الجنس البشرى .

( ١ ) نسبة الى مدينة صور .



وكان الناس فى القرون الأولى من تاريخنا نهيا لتلك الرغبات كما نحن اليوم . وقد حدث أن عضد الاعتقاد السائد فى تلك الأيام أن المادة كلها مكونة من أربعة عناصر : التراب والهواء والنار والماء علاوة على عدم وجود معلومات منظمة عن تركيب المواد أهدافا تبدو لنا أهدافا شديدة السخف ، تلك الأهداف التى كانت تتمثل فى تحويل المعادن غير النفيسة مثل الحديد والرصاص الى ذهب ، وفى ايجاد أكسير الحياة وهو سائل سحرى من شأنه شفاء كل ما يصيب الانسان من أمراض . وكان هذا الفن فن تحويل المعادن غير النفيسة الى ذهب يدعى بالكيمياء ، وتندرج كيمياء العصور الوسطى بأجمعها تحت هذا الاسم (١) .

وكان المبدأ القائل بأن العالم مكون من أربعة عناصر والذي كان يعتبر أساس معتقدات الكيمائى راجعا فى الغالب الى أرسطو الذى قال متتبعا خطى ما سبقه من رجال الفكر أن هناك أربع صفات أولية : جاف ، ورطب ، وبارد ، وحار . وكان مقروضا أن تكون هذه الصفات العناصر أو الجواهر الأربعة : التراب ، والهواء ، والنار ، والماء باتحادها فى ازدواجات معينة . وعلى ذلك كان الناس يخلعون على الماء صفة البرودة والرطوبة ، وعلى التراب صفة البرودة والجفاف ، وعلى الهواء صفة الحرارة والرطوبة ، وعلى النار صفة الحرارة والجفاف ، وكان المفروض أن يتكون ما على الأرض جميعا من هذه العناصر . وكان الناس يظنون أن السموات وهى ثابتة لا تتغير تتكون من عنصر خامس ألا وهو الجوهر «٢» .

---

( ١ ) تكثر الإشارة فى أدب تلك العصور الى الكيمياء . وهناك بعض اشارات ظريفة من شكسبير كقوله فى قصة الملك جون الثالث :

ان الشمس المجيدة

تقوم وهى فى مجراها بدور الكيمائى

اذ تحول بنورها المنبعث من عينها البهية

الأرض المقيمة الغليظة الى ذهب براق

وكقوله فى قصة يوليوس قيصر فى المنظر الأول من الفصل الثالث :

ان ملامح وجهه التى قد تبدو عيبا فنيا

تتحول بالكيمياء النفيسة الى فضيلة ووسامة .

( ٢ ) ان هذه المعتقدات كثيرا ما تغنى بها الشعر . فمثلا يقول ميلتون فى شعره عن الخليقة :

هذه العناصر الصعبة المراس من تراب وماء ونار وهواء

هرولت الى مستقراتها العديدة بعد ذلك

وهذا الجوهر الأثيرى السماء

ارتفع الى العلا زائرا بأشكال جميلة .

تبلورت واستدارت وتحولت الى ما نرى من نجوم



وحينما ترجمت المؤلفات الأغريقية الى اللغة العربية اتخذت دراسة الكيمياء طابعا جديا هاما بين علماء الاسلام من القرن السابع حتى القرن العاشر « ١ » . وكان هناك بين الكيميائيين كما يجب أن نتوقع ، أفاقون ودجالون . ولكن بعضهم كان يعتقد مخلصا في تحويل المعادن غير النفيسة الى ذهب وكرسوا حياتهم للبحث عن حجر الفيلسوف « ٢ » الذي كان يظنون أنه سيحقق هذا الغرض . وأدى بهم هذا البحث الى اجراء تجارب عدة . ونتج عن ذلك أنهم ألما بتجارب مثل التصعيد ، والتقطير ، واذابة المحاليل ، وعملية التبخر . كما أن المهارة التي اكتسبوها أدت الى تحضير عديد من المواد مثل البوريك ، وكربونات الصوديوم والبوتاسيوم ، وكبريتات الحديدوز وكبريتات الخارصين ، وفوسفات الصوديوم النوشادرية ، وكذلك عدة اكاسيد وكبريتيدات وسبائك . والحقيقة أن علم الكيمياء وليد دراسات علماء الكيمياء القديمة .

وكان لزاما على علماء الكيمياء القديمة في محاولاتهم التي بذلوها لتحويل المعادن الى ذهب أن يضعوا خطة يسرون على هداها ، ولذلك توسعوا في نظرية العناصر الأربعة حتى تتضمن تفسيراً مقنعا لنشأة المعادن . واعتقاداً منهم أن العناصر الأربعة نفسها : التراب ، والهواء ، والنار ، والماء قابلة للتحويل ، ظن بعض هؤلاء الكيميائيون أن المعادن والفلزات تتكون من (١) دخان ترابي هو عبارة عن ماء تحول الى نار ، (٢) من بخار مائي هو عبارة عن ماء تحول الى هواء . وكانوا يظنون أن أول هذين العنصرين نشأ الكبريت منه ، وأن الزئبق نشأ من العنصر الثاني . ولو كان كل من الكبريت والزئبق على درجة تامة من النقاوة ، واتحدا سويا بالنسبة الصحيحة ، لكانت النتيجة كما كانوا يعتقدون هي الذهب ولكن اذا لم يكن كل من الكبريت والزئبق على درجة تامة من النقاوة ، فانه يتكون عن ذلك كما كانوا يظنون معادن أخرى مثل النحاس أو الرصاص أو الحديد . ولذلك كان من أهداف الكيميائيين القدامى تحضير كل من الكبريت والزئبق في حالتها النقية . وكان الهدف الثاني تنقية المعادن غير النفيسة بقدر المستطاع . وكانوا يأملون نتيجة لذلك الحصول على الذهب باضافة الكبريت والزئبق بالنسب الصحيحة . وبالتالي فقد أدى هذا بالكيميائيين القدامى الى عمليات تجريبية لانهاية لها ، على الرغم من أن رغبتهم لم تتحقق قط .

---

( ١ ) كثير من الكلمات المستعملة الآن في الكيمياء من أصل عربي مثل قلوبى والامبيق ( أداة كيميائية قديمة ) ، وكحول .

( ٢ ) كان غالبا ما يطلق عليه الاكسير الريانى ، وكان يقترن اسمه أحيانا باسم اكسير الحيمسة .



وكان من السهولة التامة وضع نظرية الزئبق والكبريت موضع الاختبار التجريبي . وقد قام بهذا « جابر (١) » الكيمائي العربى فى القرن العاشر ، ولكنه حينما سخن الكبريت والزئبق سويا لم يحصل على ذهب ، ولكنه حصل فقط على كبريتيد الزئبق الذى يدعى زنجفر . وعلى ذلك فان النظرية لم تطابق الحقائق . وكان على جابر حينئذ أن يعدل النظرية أو ينبذها كلية . ولكنه لسوء الحظ تمسك بها ، وتحايل على المازق الذى وقع فيه بادعائه أن الكبريت والزئبق اللذين تتكون منهما المعادن ليسا هما نفس الكبريت العادى والزئبق العادى اللذين نقابلهما فى الحياة العامة . وقد سببت مثل تلك الآراء بلبلة كبيرة فى دراسة الكيمياء . والحقيقة أن نظرة كثير من الكيمائيين القدامى الى الأمور كانت نظرية نصف سحرية . وقد شعروا بأنهم بغموضهم كانوا يحتفظون على أسرار مهنتهم . وكانوا يخفون جهلهم وراء ستار من التمتمة بالتعاون وهم يراقبون أوانيهم وهى تغلى ، وكانوا يشعرون براحة ورضا باستعمالهم كلمات طويلة لا يدركها أحد .

ومن دواعى ارتباكهم أنه لم تكن لديهم فكرة ما عن المادة النقية كما نعرفها اليوم . وكان ما يهتمون به فى المادة إنما هو مظهرها لا وزنها ولا حجمها . والحقيقة فى نظر الكيمائيين القدامى أن السائل الذى يشبه الماء إنما هو ماء ، أو على الأقل نوع من الماء . وكان المعدن ذو البريق الأصفر نوع من الذهب . وكان الكثيرون يعتقدون مخلصين أنهم قد حصلوا على ذهب اذا استطاعوا تغيير لون النحاس من أحمر الى أصفر أثناء قيامهم غير جادين بتجارب استخدموا فيها احدى المواد الكيماوية التى كانوا يحتفظون بها على أرفقهم .

وقد افترض هؤلاء الكيمائيون دون ما سند لافتراضهم هذا أن النار مطهر عظيم وأنها تفتت الأجسام الى عناصرها ، ولذلك كانوا دائما يبدئون بتسخين مخاليطهم الى أقصى درجة ممكنة فى محاولاتهم الحصول على المواد النقية . وترئنا جميع الصور التى رسمها هولبين الأصفر ، وبيتر بريغبل الأكبر ، واسترادانوس ، وتبنيير لورش الكيمائيين القدامى الكيمائيين محاطين بمكنفات - ٢ - ، وهياكل ، وأواني ، وقدور يلهبون النار بمنافخ عظيمة أو يرعون مخاليطهم فون النار ( شكل ١ ) .

( ١ ) يقصد بذلك جابر بن حيان

( المترجم )

( ٢ ) قارورات ذات اعوجاجات خاصة

( المترجم )



( شكل ١ )  
الكيميائيون القدامى فى عملهم  
من لوحة خشبية فى متحف ستلتيغرا  
نايس ( بازل ١٤٩٧ )



ويجب ألا ننسى أن الكيميائيين القدامى كانوا مزودين بقدر كبير من المعرفة ، ولكنها معرفة لم تكن منسقة . انهم لم يجرؤوا اختبارات دقيقة على نظرياتهم ، كما لم يتبعوا طرقا خاصة فى أبحاثهم . ولذلك كانت معلوماتهم معلومات تجريبية محضة (١) . ولم يكن من الممكن اجراء دراسة علمية لخواص المواد حتى يتسع علمهم لدرجة تريبهم الموضوعات التى كان من الواجب تكريس أبحاث خاصة لها . وكانت تتطلب مثل هذه الدراسة وزنا دقيقا للأمور وبحثا عن العلاقات العددية . ولكن الاتجاه العام للقرون الوسطى كان يشجع التصنيف أكثر مما كان يشجع القياس .

ومع ذلك كان هناك تقدم علمى فى ميادين كثيرة قبل حلول القرن الثالث عشر ، واذا كان الفلك قد أصبح من مدة طويلة موضوعا مقسرا من مواضيع الدراسة بين العلماء العرب ووصلت الترجمات العربية للمؤلفات الرياضية والفلكية الاغريقية أوروبا قبل نهاية القرن الثانى عشر . وبدأ الناس يعرفون مبادئ علم الجبر وحساب المثلثات ، وأخذت الأعداد العربية تحل محل الأعداد الرومانية الثقيلة الظل . وقبل حلول القرن

(١) يتضمن فن الطهى كثيرا من المعلومات التجريبية ، وتزود الطاهية بقدر كبير من المعلومات عن خواص المواد المستعملة فى الطعام أو يمكنها أن تقدر تقديرا صحيحا تأثير الحرارة عليها ولكن معرفتها هذه ليست مما يمكن أن تسمى معرفة علمية .



الثالث عشر أصبح فن استخلاص المعادن العادية من خاماتها أمراً شائعاً .  
ولا بد أنه كان هناك قدر كبير من المعلومات التجريبية عن الميكانيكا حتى  
صار من المستطاع الوصول الى تلك الدرجة البديعة من الهندسة المعمارية  
فى تلك المدة . وكان القرن الثالث عشر فى الحقيقة عصر نهضة علمية ،  
وقد بدأ روجربيكون ( ١٢١٤ - ١٢٩٤ ) رسول الطريقة التجريبية عمله  
فى منتصف هذا القرن .

### ٣ روجربيكون

ان المزاعم التى تصف بيكون كرائد من رواد الكشوف العلمية كثيرا  
ما بولغ فيها مبالغة كبيرة . ومع ذلك فمما لا ريب فيه أنه أسهم بمساهمات  
مبتكرة فى المعرفة العلمية وعلى الأخص فى علم البصريات ، فقد وجد مثلاً أن  
قطعا كروية من عدسات حارقة من شأنها أن تجعل الحروف الصغيرة  
تظهر كأنها كبيرة . وكان من رأيه أن مثل تلك القطع يمكن استخدامها  
لمساعدة أصحاب النظر القاصر . وقد ظهر استعمال النظارات بعد موته  
مباشرة ولا دليل لدينا على أنه صنع تلسكوبا أو مجهرًا ، ولكنه فى  
فى الحقيقة تنبأ تنبؤًا غير صريح بتلك الآلات . إذ أنه تحدث عن امكان  
استعمال عدسة لكى تظهر الشمس والقمر والنجوم كأنها متدلية الى  
أسفل .

ان أهمية بيكون بالنسبة لنا تنحصر فى استقلال نظرتة الى الأشياء  
وفى تعليقه أهمية كبيرة على قيمة التجريب المباشر ، وفوق كل ذلك فى  
ادراكه لعدم جدوى طرق ( العلماء المدرسين ) لاكتشاف الحقيقة .  
وكان بيكون جريئًا بدرجة أنه فى عصر أضعاف فيه العلماء الذين بلغوا  
أعلى قمة من الشهرة وقتهم فى مجادلات لا نهاية لها حول معنى تعبيرات  
مثل المادة والصورة استنكر كثيرا من هذه المجادلات التى لا طائل  
تحتها . ولكن نصائحه وتعليماته لم تجد أذنا صاغية ، وذلك لأن الذين  
حطموا التقاليد فى القرن التالى وبحثوا عن الحقيقة سالكين سبيل  
التجربة الدقيقة الوعرة لم يكونوا هم الفلاسفة والعلماء المعترف بهم ،  
ولكن كانوا هم الفنانين والعاملين المغمورين .

### ٤ - أول كتب مطبوعة

ان ظهور الكتب المطبوعة فى أوربا حوالى منتصف القرن الخامس  
عشر هـ هو أحد العوامل الرئيسية التى تفرق بين العصور الوسطى  
والعصور الحديثة . وكانت الكتب لا يقتنيها الا القليل من الناس عندما  
كانت تطبع على ورق مصنوع من مادة غالية مثل الرق ، ولذلك كان



الحصول على كميات كبيرة من الورق أول الضروريات اللازمة لانتاج الكتب على مدى واسع .

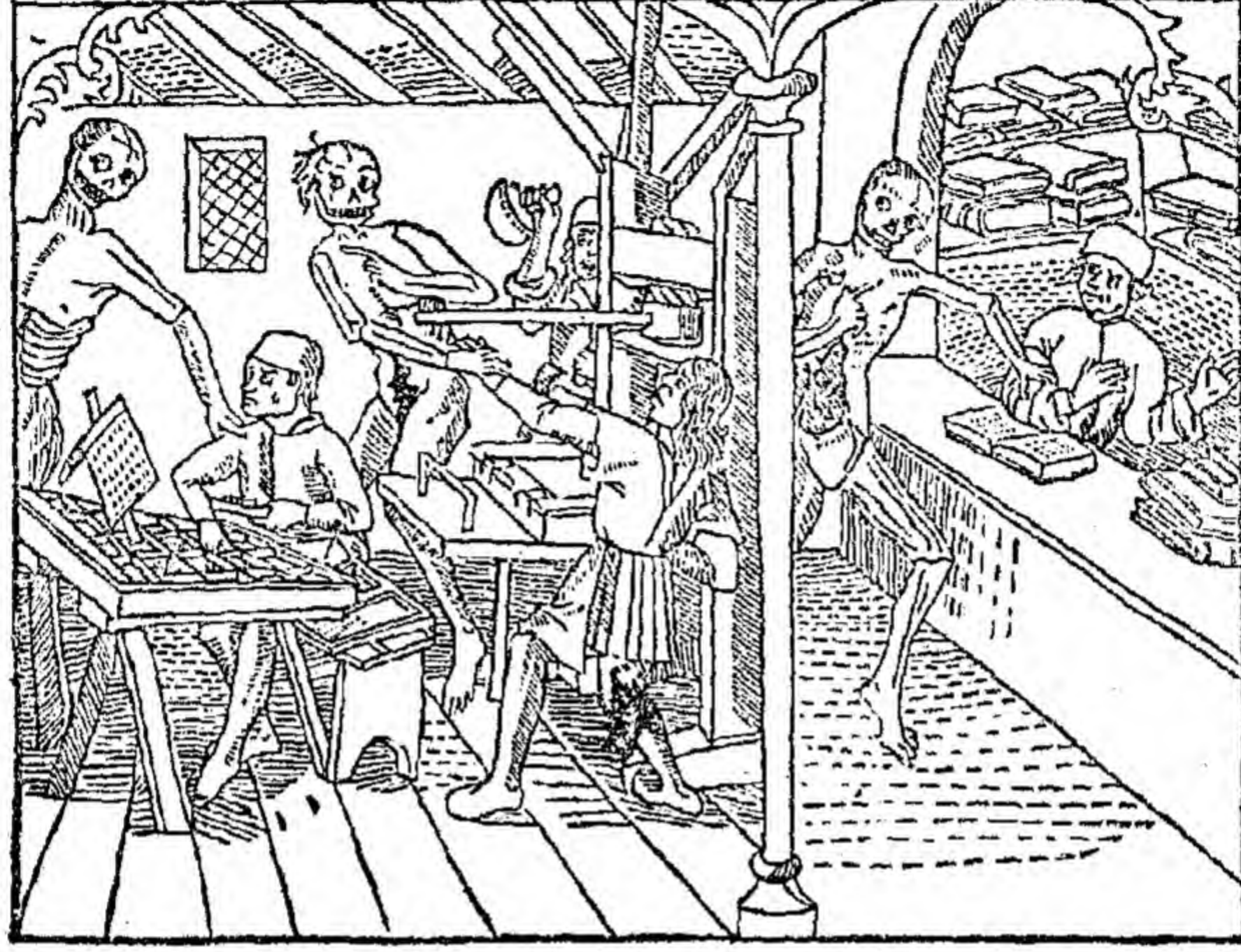
وكان المصريون في العصور القديمة يكتبون على سيقان ورق البردي المجففة بعناية والتي كانت تنمو على ضفاف النيل . وكان سكان بيرجاموم في آسيا الصغرى أول من أرى الناس طريقة اعداد جلود الحيوانات التي كان من الممكن الكتابة عليها . واصبحت الجلود المعدة بهذه الطريقة تعرف بالبرشمان أو الرق ، وظلت حتى القرن الرابع عشر هي المادة الرئيسية المستعملة في أوروبا للكتابة عليها . وكانت الطباعة وطيدة الأركان في الصين قبل حلول القرن الحادى عشر . ولم يمض زمن طويل بعد ذلك حتى صنع العرب فى اسبانيا الورق بتقطيع الياف السكتان وخلطها بالماء وعجنها حتى تصير لبابا ، وفردتها الى أفرخ ثم تركها لتجف . وانتقلت الصناعة من اسبانيا الى ايطاليا وشاعت فى القرنين الرابع عشر والخامس عشر بدرجة أن استعمل الورق بدلا من الرق فى المخطوطات .

وبمجرد أن أصبح الورق ميسورا بدا أن الطباعة أصبحت أمرا لا شك فيه تبعاً لذلك . حقيقة كان مبدأ صناعة تصميمات بارزة على قطع مسطحة من الخشب أو المعدن معارسا من عصور متناهية فى القدم ، وكانت تستعمل تلك القطع الخشبية فى العصور الوسطى اختاما توقع بها حروف الأسماء الأولى ، ولطباعة صور على القماش ، وطباعة كتب مصورة بأكملها . ولذلك كان الانتقال من حفر صور مجسمة الى صفحات كتابية أمرا بسيطا . وكانت أولى الكتب المطبوعة الكتب الروشمية ، كما كانت تدعى عبارة عن صفحات مطبوعة بواسطة قطع خشبية محفورة حفرا تاما ، مثلها بالضبط مثل الكتب المصورة المطبوعة برواشم الخشب . وكانت عملية حفر روشم خشبي جديد لكل صفحة من صفحات الكتاب عملية شاقة عسيرة . وكان مما يوفر الوقت توفيراً كبيراً جداً أن تكون هناك كمية من الرواشم لكل حرف من الحروف الهجائية ، وتضم هذه بعضها الى بعض لتكوين الكلمات المطلوبة . ويطلق على هذه العملية عملية الطباعة بواسطة الحروف المتحركة ( شكل ٢ ) . وليس هناك تاريخ معين يحدد لنا متى اخترعت حروف الطباعة المتحركة فى أوروبا ، ولكن أكبر من يدعى شرف هذا الاختراع هو « جوتنبرج » الذى نشر انجيلا مطبوعا بواسطة حروف الطباعة المتحركة حوالى سنة ١٤٥٤ .

وقد روعى فى أول كتب مطبوعة أن تكون شبيهة بقدر الامكان بالكتب المنسوخة باليد ، وبالفعل كانت ترسم اقلى أول الأمر الحروف



الأولى فى بدء كل فصل باليد . وحاول رجال الطباعة الأول الاحتفاظ بسر الطرق التى كانوا يتبعونها ولكن ذلك لم يكن فى حيز الامكان ، اذ سرعان ما ظهر هناك رجال طباعة فى مناطق أخرى فى ألمانيا ، وهولاندا ، وإيطاليا . وفى سنة ١٤٧٦ أنشأ كاستون مطبعته الشهيرة



( شكل ٢ )

آلة طباعة برجل يصف الحروف وآخر يديرها ، بريشة دانس ماكابر ، ليون ١٤٩٩

فى وستمنستر . وكان معنى ظهور الكتب المطبوعة أن أوروبا بدأت حياتها من جديد . ومن ذلك الوقت فصاعدا لم يعد العلم فى يد القلة ولكن قدر له أن يصبح تراثا عاما للجماهير .

### ٥ - الدنيا الجديدة

ان بعضا من مظاهر حياتنا اليوم يمكن ارجاعها الى الوقت الذى أوجد فيه كولومبس والبحارة العظام المخاطرون الآخر اتصال أوروبا بالعالم الجديد والشرق الأقصى لأول مرة . وترجع نشأة بعض المميزات الأخرى الى التجارة البرية التى كانت موجودة بين إنجلترا والمدن المستقلة مثل جنوة ، والبندقية ، وآنطورب ، ونوردنبرج فى أواخر القرون الوسطى . وقد قابل تجارنا أثناء رحلاتهم أناسا من أمم أخرى ، وعادوا لا بحرائر فاخرة وذهب وتوابل فحسب ، بل بتعبيرات جديدة طعمت لفتنا بها ، وبيدور أفكار جديدة تأصلت فى التربة الانجليزية . ان نهضة البشرية ، كما يصح لنا أن نقول ، انما هى تحقيق للنبوذة التى تقول :



« كثيرون سيسلكون فجاج الأرض ذهابا وإيابا ويتسع نطاق المعرفة » .

وقبل حلول القرن الثالث عشر كان هناك طريق مفتوح بين أوروبا وآسيا . وقد عاش فى تلك الأيام سيد من البندقية يدعى ماركو بولو ، كان رحالة كبيرا وخطيبا مفوها ، امتدت رحلاته الى الصين . وكان طريقه الذى يسلكه يمر عبر فلسطين والصحارى الفارسية وشمال الهند والتبت . ومذكراته مملوءة بأوصاف فياضة لغابات غريبة ومدن جميلة وثروة لا حد لها . وقد تركت قصص رحلاته التى استغرقت أكثر من ثلاثة أعوام أثرا فى الأدب الرومانتيكى للجيل التالى وساعدت على إثارة حب المخاطرة ، الكامن فى النفس البشرية باستمرار ، مما نتج عنه فى النهاية اكتشاف العالم الجديد .

وكانت تتم الرحلات قديما على ظهور الجياد أو الابل عبر طرق قد يجد الإنسان فيها غريبا على علاقة ودية معه يهديه الطريق . ولكن أى دليل كان لدى الرحالة المخاطرين الذين كانوا يركبون البحار ؟ كانوا أول الأمر يهتدون بالنجوم ، ولكنه يبدو أن استعمال أحجار المغناطيس لظهور الاتجاه فى البحر كان معروفا من تاريخ يرجع الى القرن الحادى عشر . وكان الضرر البين للاعتماد على النجوم أن الأرصاد كان لا يمكن القيام بها الا فى الليالى الصافية كما كان لا يمكن القيام بها نهارا قط . وفى القرن الثالث عشر بين روجر بيكون أول رجل علم انجليزى كيف أن مغناطيسا معلقا يتخذ اتجاهها شماليا جنوبيا تقريبا . ومن ذلك أصبح المغناطيس المعلق ، أو البوصلة أداة لا يمكن الاستغناء عنها فى الملاحة ، ويركب هذا المغناطيس تركيبا مناسباً على بطاقة تبين الجهات المختلفة .

وحيث أن فلاسفة الإغريق كانوا قد بينوا أن الأرض مستديرة ، فلما أصبحت مؤلفاتهم معروفة فى القرون الأخيرة من العصور الوسطى بدأ الناس يفكرون على أساس أن الأرض كروية ، ولكن لم تكن لديهم أية فكرة عن مساحة اليابس ومساحة الماء على سطح البسيطة ، وأدت بهم رحلات ماركو بولو الطويلة الى أن يفكروا أن آسيا تشغل حيزا من الأرض أكبر بكثير مما تشغله فعلا . ودار بخلد بعض الناس ان سياحة بسيطة لا تستغرق الا أياما قليلة غربا فيما وراء أعمدة هيرقل (١) قد تؤدي بهم الى شواطئ آسيا ، ومن هناك الى ثروة جزائر الهند .

---

( ١ ) جبل طارق .

( المترجم )



ولكن شخصا فكر فى القيام برحلته تفكيراً جدياً قبل الاقدام عليها . لقد أعد نفسه للقيام برحلة بحرية طويلة ، ثم أبحر غرباً الى أبعد ما أمكنه دون أن يبحث عن مكان يتوقف فيه أثناء الطريق . كان هذا الشخص هو كريستوف كولومبس الذى نسب اليه مجد أول اكتشاف للدنيا الجديدة .

وفى ابريل ١٤٩٢ وقع العقد المشهور الذى أعطى كولومبس بمقتضاه حق امتلاك الأراضى باسم اسبانيا . وفى السادس من سبتمبر غادرت سفنه جزائر كنارى . وفى اليوم الثانى عشر من اكتوبر رسسا على شواطئ جزائر الهند الغربية رافعا راية اسبانيا عليها . وكانت هذه أول رحلات كولومبس . وقبل عودته الى أوروبا أكتشف جزائر أخرى من جزائر الأرخبيل . ومن احدى هذه الجزائر أرسل الى فيردناند وايزابلا مخبرا اياهما أنه علم من مؤلفات روجر بيكون بما قاله الاغريق من أن الأرض مستديرة . وعلى هذا فعلم الاغريق الذى تداوله الناس خلال القرون الوسطى هو الذى أدى الى اكتشاف الدنيا الجديدة .

وكانت الضجة التى أثارتها أنباء اكتشاف أرض مجهولة حافزا لأناس آخرين للبحث عن اكتشافات جديدة . فمثلا فى سنة ١٥١٩ أبحر ملاح برتغالى يدعى ماجلان من اسبانيا فى اتجاه جنوبى غربي مارا بالمضيق الخطر الذى يحمل الآن اسمه ، ودلف من هناك الى المحيط الهادى واستمر يسير غربا لمدة تزيد على ثلاثة شهور ماخرا عباب المحيط الهادى الشاسع الخالى متحملا هو ورجاله مصاعب لا حد لها من الجوع والمرض . وهناك قتل ماجلان بواسطة الوطنيين . وفى النهاية وبعد مضي ثلاث سنوات من بدء الرحلة وصلت الى اسبانيا احدى السفن الخمس التى أبحرت أصلا من هناك ، وأقل من نصف البحارة بعد أن أتموا أول رحلة بحرية كاملة حول الأرض .

## ٦ - حركة احياء العلوم

ما الآثار المباشرة لاكتشاف قارة جديدة شاسعة ورحلة بحرية ناجحة حول العالم ؟ أدرك الناس أولا خطأ الجغرافية التى كانوا يتعلمونها طيلة حياتهم . لقد كانوا أغرارا لدرجة بعيدة المدى جدا . وأدركوا أن الوقت قد حان للبدء فى أن يفكروا بأنفسهم . كما راوا أيضا الفرصة مواتية أمامهم للحصول على مواد خام من وراء البحار . وعلى ذلك فقد فتحت أمامهم طرق تجارية جديدة الى الهند عبر الأطلنطى وحول ساحل افريقيا ، وقلت أهمية الطرق البرية للشرق ، أما موانئ اسبانيا وفرنسا وانجلترا والأراضى المنخفضة فقد ازدادت أهميتها .



كما ان تكوين الاستعمارات وأراضي الاستيطان في البلاد الجديدة هيا فرصة للكثيرين للاستزادة من ثرائهم ومن معرفتهم كذلك . وحمل الملاحون معهم السكر والفواكه الى اوطانهم ، كما عاد التجار حاملين النباتات الطبية التي عثروا عليها . وبذلك الطريقة جلبوا الى أوروبا عرق الذهب الذائع الصيت ولحاء الكينا « الذي تصنع الكينا منه » . واستعمل الطباق علاوة على استعمال مدخني البيب له عقارا مخدرا قبل ان يعرف الأثير والكلوروفورم بمدة طويلة .

ولكن لم يكن الكشف الجغرافي فقط هو الذي فتح آفاقا جديدة للبشر ، اذ كانت هناك أعمال أخرى تتسم بروح المخاطرة والجرأة تبشر بغنائم وفيرة ، فقد بدأ الانسان يرتاد بحار المعرفة التي لم ترتد بعد . لقد كانت اللاتينية هي لغة المتعلمين في أوروبا خلال العصور الوسطى بأكملها ، أما الاغريقية القديمة وأدبها فكانتا غير معروفتين تقريبا في الغرب . ومع ذلك فقد أحس الناس باحياء العلوم الاغريقية في السنين الأخيرة من القرن الرابع عشر ، وأوائل القرن الخامس عشر . وهذا الاحياء هو الذي يطلق عليه : بعث العلوم القديمة أو النهضة . وقد جعل الأدب الاغريقي القديم الناس ينظرون الى الحياة نظرة جديدة ، نظرة أكثر حرية وبهجة عن ذي قبل . ولقيت حركة احياء العلوم الاغريقية حافزا قويا بعد سقوط القسطنطينية في يد الأتراك عام ١٤٥٣ ، اذ جلب المهاجرون الذين تقاطروا زرافات كثيرا من المخطوطات الاغريقية ومن مآثورات العلم الاغريقي .

ونتج عن نشأة الأفكار الجديدة استقلال جديد في الرأي ، واندلع لهيب الشكوك الكامنة التي ظلت تساور الناس أمدا طويلا ، وجاهر الناس علنا بعدم ايمانهم بها ، كما أعان انتشار الكتب حرية الرأي وبدأت طباعة أعداد كبيرة من الكتاب المقدس . وحينما استطاع الناس قراءة كلمة الله بأنفسهم ، اشتدت تيارات النقد الخفية للسلطة التي دامت قرونا . وأخذ الناس في جميع أنحاء أوروبا يدرسون صفحات الكتاب المقدس المطبوعة ، ويكونون آراء خاصة بهم في أمور عقائدية كانوا لا يسمعون عنها حتى ذلك الوقت الا من شفاه الوعاظ فحسب . وعلاوة على انتقال الأنباء بسرعة أكثر عن طريق الكلمة المطبوعة ، فقد خلت من التحريفات التي كانت تحدث بانتقالها عن طريق الرواية الشفوية . فمثلا وقف أهالي المانيا على الجدل الذي احتدم بين البابا ومارتن لوثر بسرعة ، وذلك لأن نسخا مطبوعة من النشرات وزعت في جميع أنحاء البلاد ، واستطاع الكثيرون بذلك الوقوف على مضمون النزاع .



وكان من الظاهر وقت النهضة أن الحوادث الهامة تتزاحم بعضها فوق بعض . ولم تكن إعادة دراسة اللغة الاغريقية القيام بترجمات أكثر دقة فحسب ، بل ان انشاء المطابع كان معناه امكان نشر نسخ من تلك الترجمات الدقيقة في جميع أنحاء أوروبا . ان بذور العلم يجب أن تنشر في كل مكان لتتهيأ لها الفرصة لأن تغرس في أرض طيبة . ولقد غرست هذه البذور عن طريق الكتب المطبوعة وآتت في الحقيقة محصولاً وفيراً .



## الفصل الثاني

# نشأة العلم الحديث

### ١ - ليوناردو دا فنشى

أن النظرة الجديدة الى الحياة وتقدير ميزة الجمال اللذين اتسمت بهما النهضة أحدثتا احياء للفن ، وبدأ الفنانون العظام فى ذلك العصر : ديورر ، وميكل أنجلو ، وروفايل يدرسون الجسم الانسانى دراسة أكثر دقة . لقد نظروا بعيون جديدة الى قسّمات وأحجام صناعة التماثيل القديمة ، وبدأوا يبتدعون لأنفسهم . ولكنهم وجدوا أنهم يحتاجون لى يصوروا الجسم البشرى بكل تعقيداته الى أن يعرفوا مواضع العضلات المعقدة وهيئة التركيب العظمى الذى تكسوه . وبمعنى آخر كانوا فى حاجة الى معرفة بعض من علم التشريح . ولذلك بدأ الفنانون يمارسون عملية التشريح ، وشغف بعضهم شغفا كبيرا بدراساتهم لدرجة أن أدت بهم هذه الدراسة الى ما وراء المستلزمات المباشرة لفنهم . وقد تزعم هؤلاء الفنانين ليوناردو دا فنشى ( ١٤٥٢ - ١٥١٩ ) الذى تعتبر قوة ذكائه الخارقة اليوم مدعاة دهشة دائمة .

وكان ليوناردو يتمتع لدرجة غير عادية بحب استطلاع لا حد لها ، وهذه أول صفة ضرورية لرجل العلم . وقد أدى به هذا الى أن يتناول امورا مختلفة المدى من مسائل تتعلق بتشريح الانسان وعلم وظائف الأعضاء الى مسائل تتعلق بالهندسة العملية . وكان يتسم فى هذه الدراسات كلها بجرأة تؤدى به الى القيام بتجارب خاصة به . وحينما كانت نتائجه لا تتفق مع بيانات الكتاب القدامى كان يعيد التجارب ويتحقق من نتائجه ، وبعد ذلك يلتزم بالاجابة التى أعطتها له الطبيعة ، ولم يحاول ليوناردو القيام بتفسيرات تامة للعالم كما فعل كتاب القرون الوسطى . ان اتجاهه كان اتجاها علميا ، اذ أنه اعتمد على الملاحظة ، وعلى ادراكه أن المعرفة انما تمتد فحسب الى الاماد التى تؤدى بنا اليها الملاحظة .



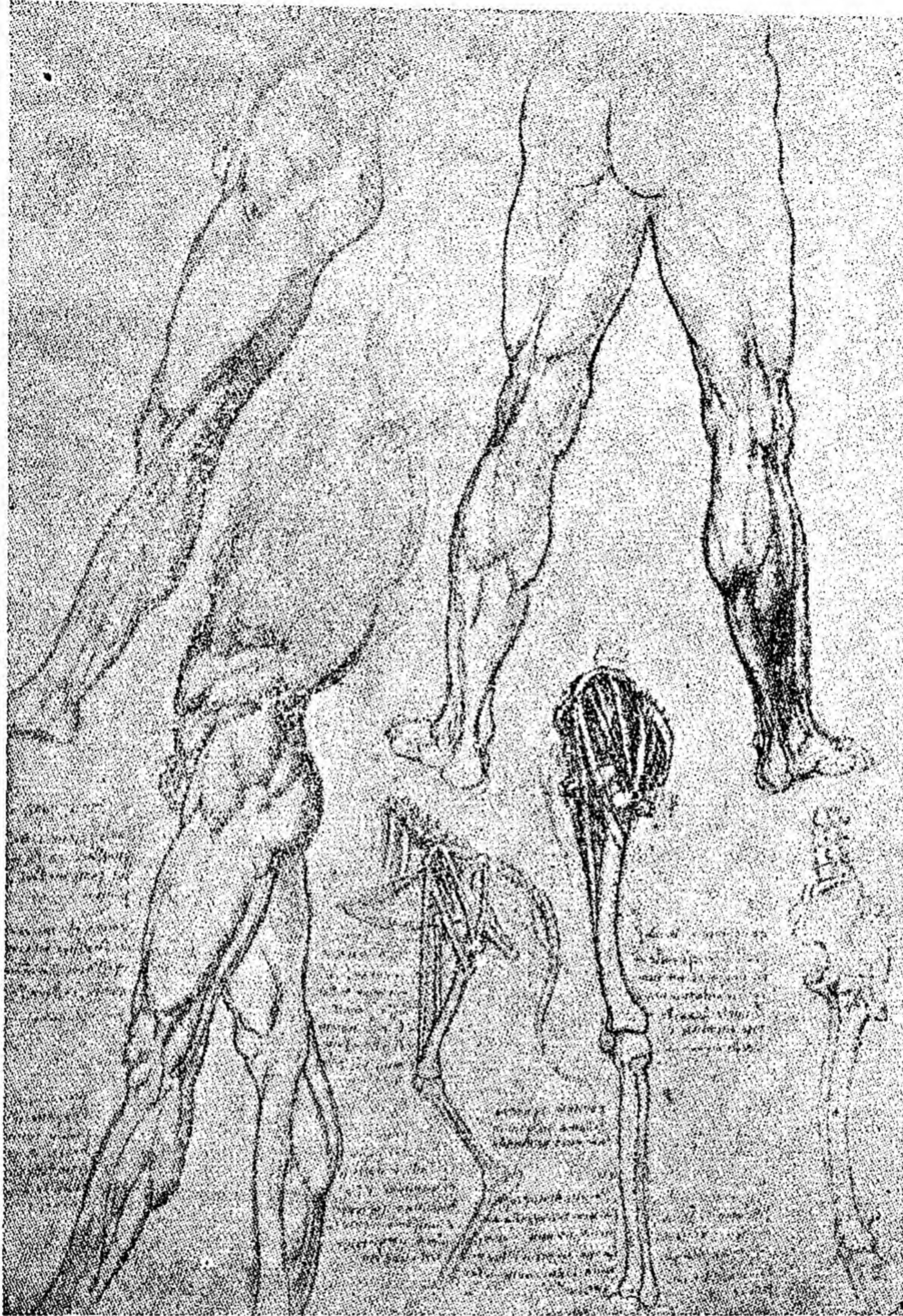
وكان نشاط ليوناردو المتعددة النواحي مشار دهشة . وأدى به شغفه بتحركات الناس والحيوانات الى القيام بدراسة للعضلات والعظام ، وتسجيل ملاحظاته بواسطة رسوم دقيقة كما أدى به شغفه بمشكلة الطيران الى شراء طيور محفوظة في أقفاص ثم اطلاق سراحها لمشاهدة الحركات الأولى لأجنحتها . وأخذ يفكر في امكان صناعة أجنحة صناعية للانسان . ولقد بلغ في الحقيقة تمكنه من المبادئ الميكانيكية مبلغا جعله يحاول اختراع طائرة . وأدت به أوجه نشاطه كرسام الى دراسة خواص الأصباغ واستقصاء قواعد المنظور ، وأدرك أن المناظر المألوفة للمنظور انما ترجع الى الصورة التي تتلقاها العين . وكان هذا حافزا له على دراسة مسار الضوء الداخل للعين وتركيب العين ذاتها . واستعمل ليوناردو أيضا مواهبه العظيمة في ميدان المسائل العملية ، اذ شغل منصب مهندس حربى فى حكومة ميلان ، وكان يستشار فى مسائل كتوفير الماء للزراعة ، والطرق المثلى للاستيلاء على مدينة محصنة . كما كان يصمم المباني ويكتب قصصا مسلية قصيرة للمسرح ، وله تحف رائعة فى النقش والتصوير ومع ذلك استطاع أن يعزل نفسه عن العالم مستغرقا استغراقا تاما فى المسائل العلمية التى كان فيها رائدا لا منازع له . ان نتائج تجارب ليوناردو العلمية لم تنشر فى كتب ، ولكنه أودعها مذكراته ، وأوضحها برسوم توضيحية بريشته المبدعة ( لوحة رقم ٢ ) .

وعلى الرغم من أن مؤلفاته ظلت كتباً مخطوطة ، فان ذلك لم يقف حائلا دون أن يكون له أثر على معاصريه وكانت الثقافة الايطالية أثناء حياته على درجة كبيرة من السمو . كان الأمراء هم حماة الفنون والعلوم ، وكانت الحياة فى المدن الايطالية تساعد على انتشار الآراء الجديدة وشغلت أفكار هذا الرجل الغريب ليوناردو التى كانت تختلف اختلافا بينا عن أفكار زملائه بال عقول أخرى بدرجة كبيرة . وتعتبر أعمال ليوناردو فى الحقيقة المثل الأعلى لأبحاث الروح البشرية التى تتسم بالجرأة والمخاطرة التى تميز بها هذا العصر ، والتى كانت بشيرا بنهضة العلم الكبرى المثالية ، ولكنها لم تكن هى المثل الوحيد .

## ٢ - نشأة علم التشريح الحديث

ظل الناس مئات عديدة من السنين يتساءلون عما كتبته المؤلفون القدامى حينما كانوا يرغبون فى معرفة وظائف أعضاء الجسم ، وبدلا من تشريح حيوان للوقوف على كيفية تنظيم أعضائه كانوا يفضلون أن يتقبلوا معلومات طبيب من الامبراطورية الرومانية لمع اسمه فى القرن الثانى يدعى جالين . وقد ظلت مؤلفات جالين المجمع المعتمد فى الطب





رسم الأطراف من مذكرات ليوناردو  
يوضح شكلان من الأشكال السفلى مقارنة بين عظام رجل إنسانية وعظام رجل جواد



والتشريح أكثر من ألف سنة ، وهى تحتوى على تسجيلات معينة لبعض ملاحظات هامة ، ولكنها تحوى أيضا كثيرا من الأفكار الخيالية بدرجة كبيرة والتي تنبؤ عن أسسنا اليوم . لقد ذكر مثلا أن وظيفة الكبد هى تحويل المادة الغذائية فى الأمعاء الى دم وتحويل هذا الدم طبقا لمبدأ غامض سماه الروح الطبيعية . لقد افترض ان الدم ينتقل بعد ذلك الى القلب حيث يستقبل الهواء القادم من الرئتين ويتشبع بروح ثانية ، الروح الحيوية . وكان يعتقد ايضا ان الدم ينتقل الى المخ لكي يتلقى هناك أعلى الأرواح جميعا ، ألا وهى الروح الحيوانية ، أو نسمة الروح . وافترض جالين وجود انحسار وانسياب للدم ، ولكن لم تكن لديه فكرة عما نعرفه اليوم بالدورة الدموية . وكان من رأيه أن الدم ينتقل من الجانب الأيمن للقلب الى الجانب الأيسر له خلال مسام الحاجز الفاصل بينهما . ولم ير انسان قط هذه المسام فى الحاجز القائم فى قلب أى حيوان . ونتيجة لذلك كان من رأى جالين وأتباعه أن تلك المسام صغيرة جدا بدرجة لا تسمح برؤيتها ، وهو قول لم ينقض حتى اختراع المجهر .

وقد لقيت تعاليم جالين تبجيلا كبيرا بدرجة أنه حينما بدأت الجامعات فى تدريس بعض المعلومات الطبية للطلبة ، كان أساتذة التشريح يجلسون فى مقاعد تشبه المنابر ويقراءون للطلبة من مؤلفات جالين بصوت عال . وكان الخدم أثناء ذلك يقومون بالتشريحات ، ولم يكن هذا تعليما تجريبيا بأى معنى من المعانى ، وذلك لأن التشريحات كانت تمارس لا بفكرة اكتشاف أى شئ ، ولكن لمساعدة التلاميذ فقط على تذكر ما قاله جالين . وكان ليوناردو هو أول من ناقش تعاليم جالين ، اذ بين أن الهواء لا ينتقل من الرئتين مباشرة الى القلب ، وذلك على تقيض ما ذكره جالين . وفحص ليوناردو القلب ذاته ، وقام بعدة تشريحات واكتشف عمل الصمامات التى تقع عند جذور الشرايين الكبيرة وهى خارجة من القلب ( لوحة رقم ٣ ) وبرهن على أن هذه الشرايين تسمح للدم بأن يمر فى اتجاه واحد فقط . ولذلك فقد اقترب جدا من ادراك الدورة الدموية على الرغم من أن ذلك لم يوضح تمام التوضيح الا بعد ذلك بأكثر من مائة عام .

وأراد ليوناردو أن يؤلف كتابا دراسيا عن التشريح ، ولكن هذه المهمة كانت من نصيب باحث آخر اندرياس فيسالييس من بروكسل . (١٥١٤-١٥٦٤) . تعلم فيسالييس أولا فى جامعة لوفين ، وبعد ذلك فى باريس ولم يكن طالبا مكبا على دروسه . وقد أظهر تبرمه صراحة من التعليم الذى كان يتلقاه ، ورغب فى أن يقوم بتجارب بنفسه بدلا من أن يصغى



الى الكلمات المقتبسة من جالين . ووصل الى علمه ان مثل هذه الفرص مهيأة في بادوا ، ولذلك عزم على ان يدوس هناك .

وجد فيسالييس ميدانا واسعا للعمل التجريبي في بادوا التي كانت وقتئذ مركزا عالميا كبيرا للعلم ، وفي اثناء دراسته وجد خطأ كثير من نظريات كل من أرسطو وجالين ، فبدأ يرتاب في كل شيء ذكره ، ولذلك وضع كل أقوالهما موضع الاختبار من جديد بواسطة تجارب دتيقة ، واكتشف في نفس الوقت حقائق جديدة لنفسه .

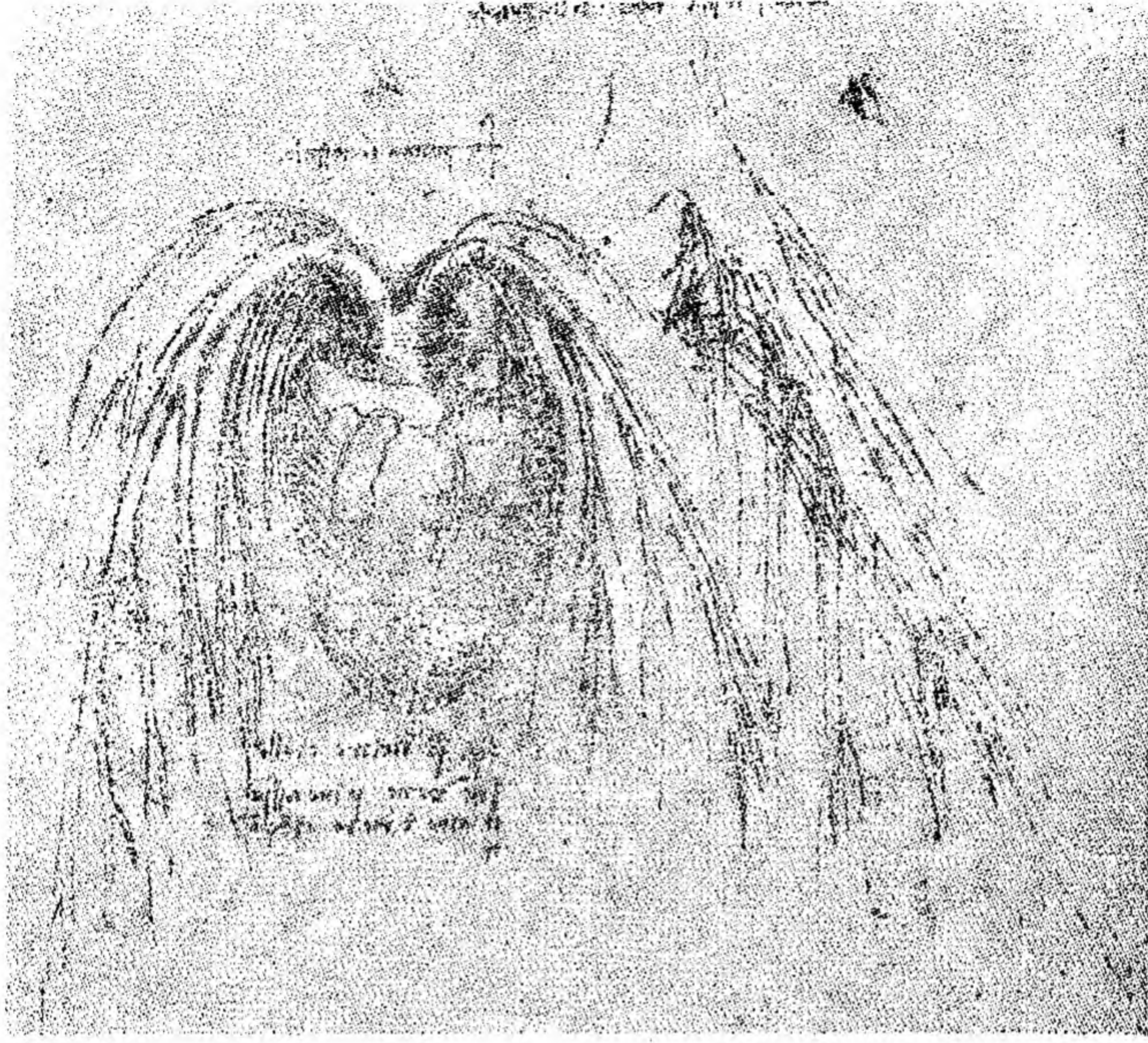
وبعد عمل استمر اربعة اعوام اكمل فيسالييس كتابه العظيم المسمى « تركيب الجسم البشري » الذي نشر في بازل عام ١٥٤٣ . وقد احتوى هذا السفر على اكتشافات مسجلة بدقة عن تركيب الجسم وتيفية قيامه بعمله ، واشتمل على وسائل ايضاحية بدیعة ، كما بدلت عناية كبيرة في اعداده ( لوحة رقم ٤ ) ولاقى الكتاب نجاحا كبيرا . وبعد ذلك باثنتى عشر سنة اقتضى الأمر طبعة ثانية . وفى هذه الطبعة كان فيسالييس أكثر جرأة مما كان فى الطبعة الأولى ، اذ أعلن بصراحة عدم موافقته على كثير من آراء جالين ، على الأخص ذلك الرأى القائل بأن هناك مساما فى الحاجز الفاصل فى القلب ، وقد بينت تعاليم فيسالييس أن الآراء يجب أن تكون مؤسسة على أدلة أصيلة لا على مراجع من مراجع الماضى . وقد جعل عمله الناس ينظرون الى دراسة الجسم البشرى نظرة جديدة كل الجدة ، تعد فى الحقيقة بدء نشأة علم التشريح الحديث .

وكان عمر فيسالييس وقت نشر كتابه العظيم تسعة وعشرين سنة فقط ، ولكنه أغرى لترك عمله فى بادوا ليصير طبيب قصر الملك شارل الخامس . وبعد ذلك انتهى عمله كرجل علم . ولكن عمله سرعان ما آتى ثماره . وحينما وقف أطباء وجراحو أوربا على نتائج أعماله أدخلوا تحسينات فى طرق علاجهم . ومن سوء الحظ أن الحاجة كانت ملحة فقط لعمل الجراح أثناء حروب القرنين السادس عشر والسابع عشر تلك الحروب التي استغرقت أمدا طويلا . ولكن المعلومات الجديدة خففت على الأقل من آلام الجرحى نوعا ما .

### ٣ - بوانر علم فلك جديد

ونشر كذلك فى السنة التي ظهر فيها كتاب فيسالييس عن الجسم البشرى كتاب عن بناء الكون بواسطة موظف بولندى يدعى كوبرنيكس ( ١٤٧٣ - ١٤٥٣ ) عنوانه : دورات الأجرام السماوية ، طبع فى





رسم قلب مشرق لليوناردو





صفحة عنوان كتاب  
فيساليس العظيم الذي نشر عام ١٥٤٣



نيرنبرج عام ١٥٤٣ . وقد قطع هذا الكتاب وكتاب فيسالييس كل صلة بالماضى وفتحا آفاقا جديدة من آفاق البحث والاستقصاء . ويمكن أن يقال ان عام نشرهما يعد بدا لنشأة العلم الحديث .

وكانت غالبية العلماء الذين كانوا يعيشون فى عام ١٥٤٣ متحاملين بالفعل ضد كل من هذين الكتابين حتى قبل الاطلاع عليهما . وسرعان ما سرت اشاعات أن كتاب فيسالييس يلقي شكوكا على تعاليم جالين . أما فيما يختص بمؤلف كوبرنيكس فانه اشتمل على الفكرة المنافية للعقل وهى ان الأرض تدور حول الشمس . وقد بلغ من تعصب علماء ذلك العصر ومحافظتهم أن كوبرنيكس الذى كان يتولى مركزا مسئولاً بصفته راعيا على جماعة من الأساقفة فى كاتدرائيته خشى من نشر كتابه كاملا . انه لم يتلق نسخة كاملة منه الا فى فراش موته وقد بلغ من الكبر عتيا .

ومع ذلك فيمكننا أن ندرك اتجاه العلماء فى تلك الأيام ، وذلك لأنه حينما بدأ الناس يقرأون هذين السفرين ويناقشونهما شعروا بأن معتقداتهم قد قوضت من أسسها ، وأنه كان هناك خطر من تدامى البناء كله . ونتيجة لذلك هب الناس ثائرين وتحذثوا عن فيسالييس كمدع مغرور ستم جو أوربا . أما فيما يختص بكوبرنيكس فقد ضمه القبر من قبل ، وكلما قل الحديث عنه كلما كان ذلك من الأفضل . ولذلك تجوهلت نظريات كوبرنيكس أول الأمر ، ولم تدع بين الطبقات المتعلمة فى العالم الا بعد مضي سنين . ولكن المتاعب بدأت حينئذ ، ولكي ندرك هذا يجب علينا أولا أن ننظر الى الوراء عبر القرون الماضية .

فكر لحظة فى أرضنا هذه ، انها كانت تبدو لأولئك الذين كانوا يفلحون الحقول من شروق الشمس الى مغربها انها مسطحة وأن الشمس تجرى فوق رؤوسنا يوميا من الشرق الى الغرب . وكذلك قبة السماء المرصعة بالنجوم كانت تبدو المراقبى السموات أنها تدور حولهم كل ليلة . وكان العلماء يعتقدون حقا انها تفعل ذلك ، وتخيلوا أن الأرض تقع وسط فضاء كروى هائل ، وظنوا أن الكرة التى يتكون منها الحد الخارجى كانت تدور حول الأرض مرة كل أربع وعشرين ساعة . وقد ذكر أحد عظماء المفكرين القدامى فيثاغورس ( الذى عاش من حوالى ٥٧٢ - ٤٩٧ ق . م . ) ، الذى كان يرى أن الكرة هى أكثر الأشكال كمالا ، أن الأرض والشمس والقمر يجب أن تكون كروية الشكل . وهذه الفكرة ، فكرة بساطة تركيب السموات ووصولها الى درجة الكمال ، لقيت أيضا تعصيذا أكبر من أرسطو ( ٣٨٤ - ٣٢٢ ق . م . ) ، اذ كان يرى أن القوس التام إنما هو دائرة ، ومن ثم فان الكواكب تتحرك فى دوائر ، وكان



من رايه ان الشمس والنجوم والكواكب بلغت درجة الكمال وانها لا تتغير  
وانها تدور بانتظام دائما حول الأرض الثابتة .

وفي القرن الثاني من العصر المسيحي - رتبت المعلومات والنظريات  
الموجودة عن الكون بواسطة بطليموس أحد أهالي الاسكندرية الذي ذاع  
صيته بين عام ١٢٦ وعام ١٦١ م (١) . لقد كان من رايه أن الأرض ثابتة  
كروية الشكل تقف معلقة في الفضاء وسط الكون ، وتحرك الشمس والقمر  
والنجوم حولها في أفلاك دائرية . وكان اعتبار أرضنا مركزا للأشياء  
جميعها مما يرضى الغرور البشري . وزيادة على ذلك فإن فكرة أرض  
ثابتة تتلائم مع ادراك غير ناضج ، وكان في طوق العلماء دائما أن يلتجئوا  
الى مرجعهم أرسطو . ونتيجة لذلك فقد حدث ان جميع من أعطى  
الموضوع بعضا من التفكير كانوا على استعداد أن يقسموا بشرفهم مجازفين  
أن الشمس والقمر والنجوم تدور حول الأرض .

وقد اعتمدت الكنيسة في القرون الأخيرة من العصور الوسطى  
النظام البطليموسى ، وعلى ذلك أصبح جزءا من العقيدة الدينية ،  
واعتبر كل مرتاب في هذه النظرية زنديقا . وزيادة على ذلك فإن فكرة  
دوران الأرض حول الشمس واتخاذها مركزا لدورانها كانت فكرة تشير  
بكبلة كبيرة ، ذلك لأنها لم تعد تجعل الجنس البشرى يحتل مركز وسط  
الخلقة ، بل مجرد سكان لأحد الكواكب الصغيرة . ونتيجة لذلك  
فحيثما بدأ الناس يسمعون عن نظرية كوبرنيكس الجديدة لم يشعروا  
بأن ديانتهم قد هوجمت فحسب ، بل أحسوا أيضا بصدمة عنيفة في  
تقديرهم لذاتهم . ولذلك بذلت السلطات أقصى ما لديها لاختماد الأفكار  
الجديدة .

كيف عن كوبرنيكس أن يجد نظرية أقلقت بال الجنس البشرى ؟  
انه أدرك أولا أن تغير الليل والنهار من المستطاع تفسيره تفسيراً مستساغاً  
بافتراض أن الأرض تدور حول محورها ، كافتراضنا سواء بسواء أن  
الأرض ثابتة وأن الشمس تدور حولها . وكان من رايه ثانياً : ان معنى  
نظرية الأرض الثابتة والسماء العظيمة الدائرة ، طبقاً للنظرية القديمة  
أن المحيط الهائل للسماء يجب أن يدور بسرعة لا يمكن ان يصدقها العقل

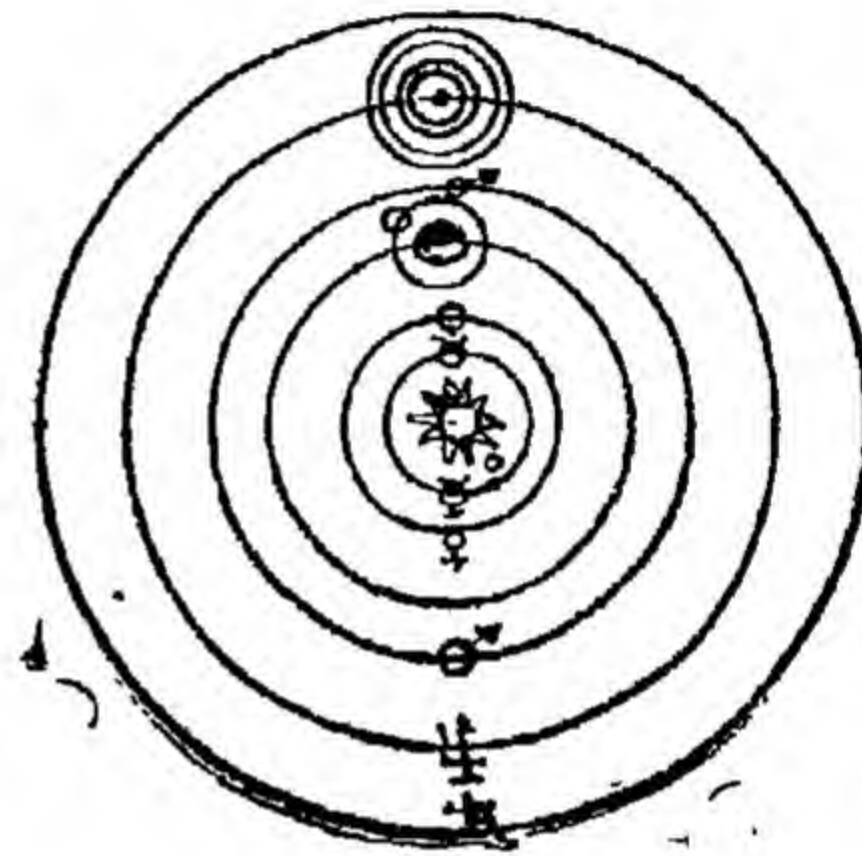
---

( ١ ) لاحظ رجال الارصاد ومنهم بطليموس نفسه قبل هذا أن الكواكب لا تتحرك بانتظام  
عبر السماء ولكنها تبدو أحيانا أنها تعاد السير في مداراتها . وقد نجح بطليموس في  
تعليل هذه التحركات بافتراضه أن الكواكب تتحرك في دوائر لا حول مركز ثابت ، ولكن  
حول مركز يتحرك هو نفسه في دائرة . وقد أبقي بطليموس الحركات الدائرة جزءاً جوهرياً  
من خطته . وبواسطة طريقته التي تدل على الذكاء علل تحركات الكواكب تعليلاً مرضياً .



لكى تدور السماء مرة حول الأرض كل أربع وعشرين ساعة ، ورأى أن معنى هذه السرعة الهائلة أن الدائرة القصوى للكون تكون عرضة لخطر التمزق .

ولم يكن كوبرنيكس ممن يجرون التجارب ولم يتيسر الدليل العملى لتعضيد نظريته فى عصره . ومع ذلك فقد استعاض عما كان ينقصه من التجربة بقوة استدلال خارقة . وكان يجب عليه مثله مثل أى عالم رياضيات آخر أن تكون لديه طريقة دقيقة لعرض الحقائق . وكان يرى أن نظريته أوجدت طريقة بسيطة خالية من التعقيدات الهندسية للنظرية القديمة ( شكل ٣ ) .



( شكل ٣ )  
نظام الكون طبقا لكوبرنيكس من كتاب نظام  
الكون لجاليليو  
( لين ١٦٩٩ )

وعلى الرغم من أن النظرية الجديدة كانت متباينة تماما عن النظرية القديمة إلا أن كوبرنيكس لم يتحرر تماما من المعتقدات السائدة ، إذ لا يفعل ذلك إلا العدد القليل من الناس . فمثلا كان مازال متمسكا بفكرة أن الحركة لا بد لها أن تتم فى دائرة ، وكان مازال يعتقد أن النجوم مثبتة فى كرة عظيمة . وعلى ذلك كان مازال يعتنق نظرية القرون الوسطى أن الكون محدود فى حجمه . ولكن هذه البقايا من المعتقدات القديمة لم تكن ذات أهمية ، إذ أن قيمة نظرية كوبرنيكس كانت فى أنها أمدت الناس بوجهة نظر جديدة ، وهيات للناس أساسا للبحث مثلها فى ذلك مثل أية نظرية أخرى جديدة . وقد بدأ الناس من ذلك الوقت فصاعدا يرصدون السموات بحماس متجدد ، واندفع الفلك الحديث سائرا أقدماء فى طريقه .

#### ٤ - أفكار جديدة عن الكون

على الرغم من أن تغير الأفكار الذى أوجد الدافع صوب فلك جديد كان راجعا فى غالبية الى كوبرنيكس ، إلا أنه من الممكن اقتفاء أثره الى أبعد من ذلك بكثير . فقد ذكر فيثاغورس أن الأرض ليست ثابتة ،



ولكنها تدور حول محورها كالخدروف الدائر (١) وذكر أرسطارخوس من أهالي ساموس الذي ذاع صيته حوالي ٢٨٠ ق . م ، والذي ربما كان أعظم علماء الرياضيات الاغريق أن الأرض لا تدور حول محورها فحسب مسببة بذلك تتابع الليل والنهار ، بل تدور أيضا دورة سنوية حول الشمس .

ومع ذلك فقد طمست هذه النظريات بسبب تعاليم أرسطو ، فغمرها النسيان خلال تلك القرون الطويلة التي اتخذها الناس فيها امامهم الوحيد الذي يهتدون به . ومع ذلك فقد أوجدت حركة احياء العلوم الاغريقية في القرنين الخامس عشر والسادس عشر سيلا من الأفكار الجديدة .

ووضع كوبر نيكس الخطوط الرئيسية لنظريته أثناء اقامة قصيرة في ايطاليا درس خلالها كثيرا من المؤلفات الرياضية الاغريقية . ولكنه من المهم أن نلاحظ أنه قبل نشر مؤلف كوبرنيكس بقرن وجد احد الكرادلة العلماء من أهالي كوزا ( ١٤٠١ - ١٠٦٤ ) يدعى نيقولاس نظريات تخالف بدرجة غريبة العقائد المسلم بها عن الكون . ولم ينزل نيقولاس أرضنا فقط عن عرشها كمركز متوسط للكون ، ولكنه رأى أيضا أن الكون يمتد الى ما لا نهاية ويحتوى على ألوف مؤلفة من النجوم بعضها ذات أحجام هائلة وكان يعتقد أن كثيرا من هذه النجوم شمس تحوطها كواكب . وكان من راية أنه ربما كانت هناك عوالم أخرى يسكنها أناس أحياء . ولذلك كان تصوره يختلف اختلافا شاسعا عن تصور فلاسفة القرون الوسطى .

ويبدو أن نيقولاس الكوزوى كان أول رجل منذ العصور القديمة استخدم الوزن كوسيلة لاكتشاف حقائق عن الأشياء التي تكتنفه . وترينا سجلات تجارية أنه أدرك فكرة القياس ، ولم يقنع بمجرد التأمل في النتائج التي حاكتها تخيلاته .

ولذلك لم تكن نظرياته عن الكون تخيلات فارغة ، على الرغم من أنه لم تكن لديه وسائل لاختبار نتائجها . وكان موقنا أن الأرض تتحرك ، اذ قال : لقد فكرت طويلا في أن الأرض ليست ثابتة ولكنها تتحرك كما تتحرك النجوم الأخرى . ورأى أن الأرض تدور حول محورها كل يوم وليلة . وعلاوة على ذلك فحيث أنه تصور العالم عالما لا حدود له ، فلم يفكر في مركز له ، اذ قال : لا يمكن أن يكون هناك مركز أو محيط ، وذلك لأن المشاهد حيثما وجد في الكون يبدو له كأنه في مركزه .

---

( ١ ) الخدروف هوما يسمى بالنحلة التي يلعب بها الأطفال .



ومن العجيب أن وجهات النظر هذه لم تؤد به الى الاضطهاد بتهمة الزندقة . أن صفته الكهنوتية ونفوذه القوي لم يكونا لينقذاه من قبضة محاكم التفتيش ، اذ ربما لم يقرأ كتبه أولئك الذين كانت السلطة بيدهم . والاكيد أن نيقولاس الذى كان نصيراً سياسياً قويا للباباوية لم تصادفه معارضة ما ، بينما كان على تلميذه جيوردانو برونو ( ١٥٤٨ - ١٦٠٠ ) أن يواجه الموت بعد ذلك بمائة عام من أجل آرائه .

وقد ردد برونو السيىء الطابع آراء نيقولاس الكوزى عن الكون اللانهائى معتقداً كذلك أنه كان لا نهائياً فى الزمن وأنه وجد منذ ابدية مطلقة . وكان يفكر فى الله على أنه الحقيقة الجامعة التى تسيطر على الكون كله بما فيه دنيانا . أما بخصوص ذلك الجزء من الكون الذى يتكون من الأرض والكواكب والشمس فان برونو كان من انصار تعاليم كوبرنيكس ، متحدياً بذلك عقائد الكنيسة الرسمية ، وكان برونو غير لبق فى التعبير عن آرائه . ومن المحتمل أن عنجهيته هى التى أودت به . . . وبعد أن تجول كثيراً فى أوربا قبض عليه وقدم للمحاكمة ، وحرق فوق سارية فى روما . وقد احتفظ التاريخ بتلك الكلمات التى تفوه بها أمام تلك المحكمة القاسية : « ربما تكونون أنتم الذين تحاكموننى فى وجل أشد منى أنا الذى تدينونه » .

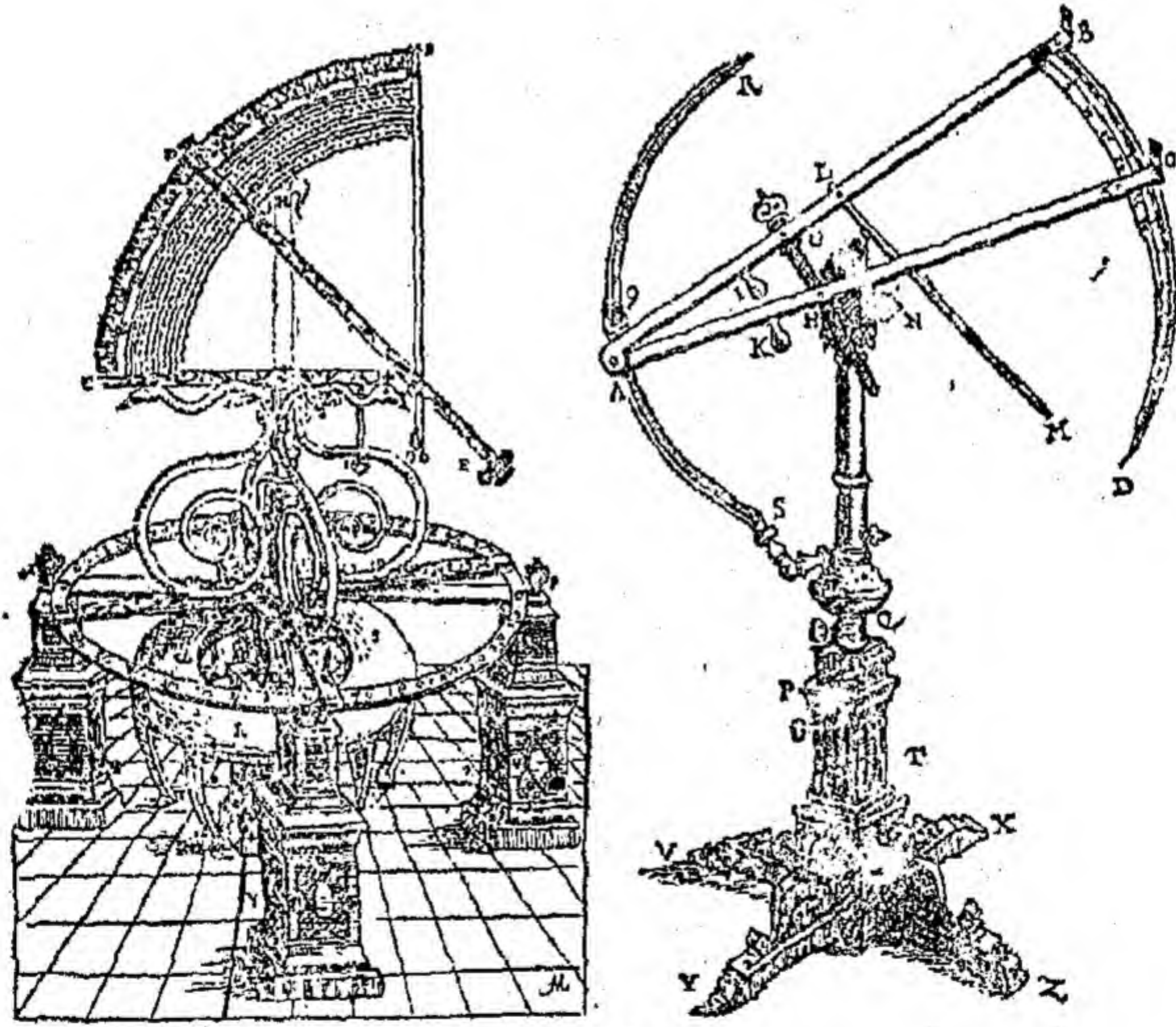
وقضى برونو أثناء أسفاره بضع سنوات فى إنجلترا ، وأخرج مؤلفاته الرئيسية فى لندن باللغة الإيطالية . وكانت لندن إحدى المدن القلائل فى ذلك العصر التى كان من الممكن اجراء المناقشة فيها فى جو حر نوعاً ما . وكانت جماعة العلماء الذين استقبلوا برونو ملهمين المأما تاماً بالإيطالية ، كما كان كثير من مواطنيه يعيشون فى لندن فى ذلك الوقت . وطبعت كتبه ونشرت سرا خوفاً من محاكم التفتيش . ومع ذلك فقد كانت ذات اثر عظيم فى نشر الأفكار الجديدة فى إنجلترا .

## ٥ - أساس الفلك القائم على أعمال الرصد

وضعت أسس علم الفلك الحديث من ناحية اعتمادها على الأرصاد بواسطة رجلين متباينين أشد التباين فى أخلاقهما ومواهبهما : أحدهما تيكو براهى ( ١٥٤٦ - ١٦٠١ ) رجل أرصاد مدقق ولكنه لم يكن عالماً من علماء الرياضيات ، والآخر جوهانز كيبلر ( ١٥٧١ - ١٦٣٠ ) الذى لم يكن رجل أرصاد ، ولكنه كان عالماً رياضيات واسع الخيال ، وقد عهد اليه تيكو بسجلات أعماله التى أتمها فى حياته ، ان كلا منهما كان يكمل الآخر .



وتتلخص الخدمة الكبرى التي أسداها تيكو في بناء الفلك الحديث في مشابرة على رصد السماء بصبر وجلد ليلة بعد ليلة مدى عشرين عاما . انه عاش الكأمر ناسك على احدى الجزر التي تبعد عن ساحل الدانمرك . ولم يحتج عمله الى سبجات من الخيصال بل الى مشابرة ودقة فحسب . وكانت آلاته من أبسط الأنواع ، ولم تكن التلسكوبات قد اخترعت بعد . لم يكن لديه الا عيونه ليراقب بها السماء ، واستعمل لقياس الارتفاعات الزاوية للكواكب ربعا معدنيا مرقما بدرجات مثل المنقلة مجهزة بذراع متحركة وضوابط مشاهدة ( شكل ٤ ) . وكان بجدران وسقف مرصده ثقب يستطيع من خلالها مشاهدة جزء من السماء . وزودتنا أرصاده التي كانت أدق وأكمل أرصاد بوشرت حتى عصره بسجلات عن مواقع الكواكب في فترة استغرقت عشرين سنة . وعلى الرغم من ذلك فان هذه النتائج كانت تبدو له كمجموعة لا معنى لها من الأرقام ، ولم تكن لديه فكرة ما على انها حينما توضح توضيحا صحيحا سيتكشف عنها الكثير .



( شكل ٤ )

أجهزة استعمالها تايكو براهي

ومن حسن الطالع أن المفسر الصحيح كان قريب المنال . لقد كان له افتنان بالأعداد . ومع أنه كان عالم رياضيات مدربا الا أنه كان صوفيا في قلبه ، وكان يحاول باستمرار أن يجد معاني خفية في الأعداد . وقد كان يقضي أياما محاولا أن يجد بعض الاتساق في مجموعة أعداد يبدو



انها وجدت اعتباطا ، ولذلك كان خير من يعهد اليه بالصفحات المحكمة التي دبجها تيكو والتي كانت تحتوى ما توصل اليه من نتائج .

وشغل كيبلر منصب عالم رياضيات فى بلاط الامبراطور رودلف الثانى فى براغ عدة سنين . وكان الامبراطور ككثير من الناس فى عصره يؤمن بالتنجيم . ولذلك استخدم كيبلر فى مراقبة السمائم واخباره بالمستقبل . وكان كيبلر نفسه يظن أن هناك شيئا من الحقيقة فى علم التنجيم ، وكان التنجيم فى نظره يعتبر على الأقل حليفا لعلم الفلك ، وهذه الخاصية فى خلال كيبلر هى التى أدت الى ما قام به من عمل جليل ، اذ من المؤكد أن الطريق الى الحقيقة أحيانا مايقع وسط الخطأ .

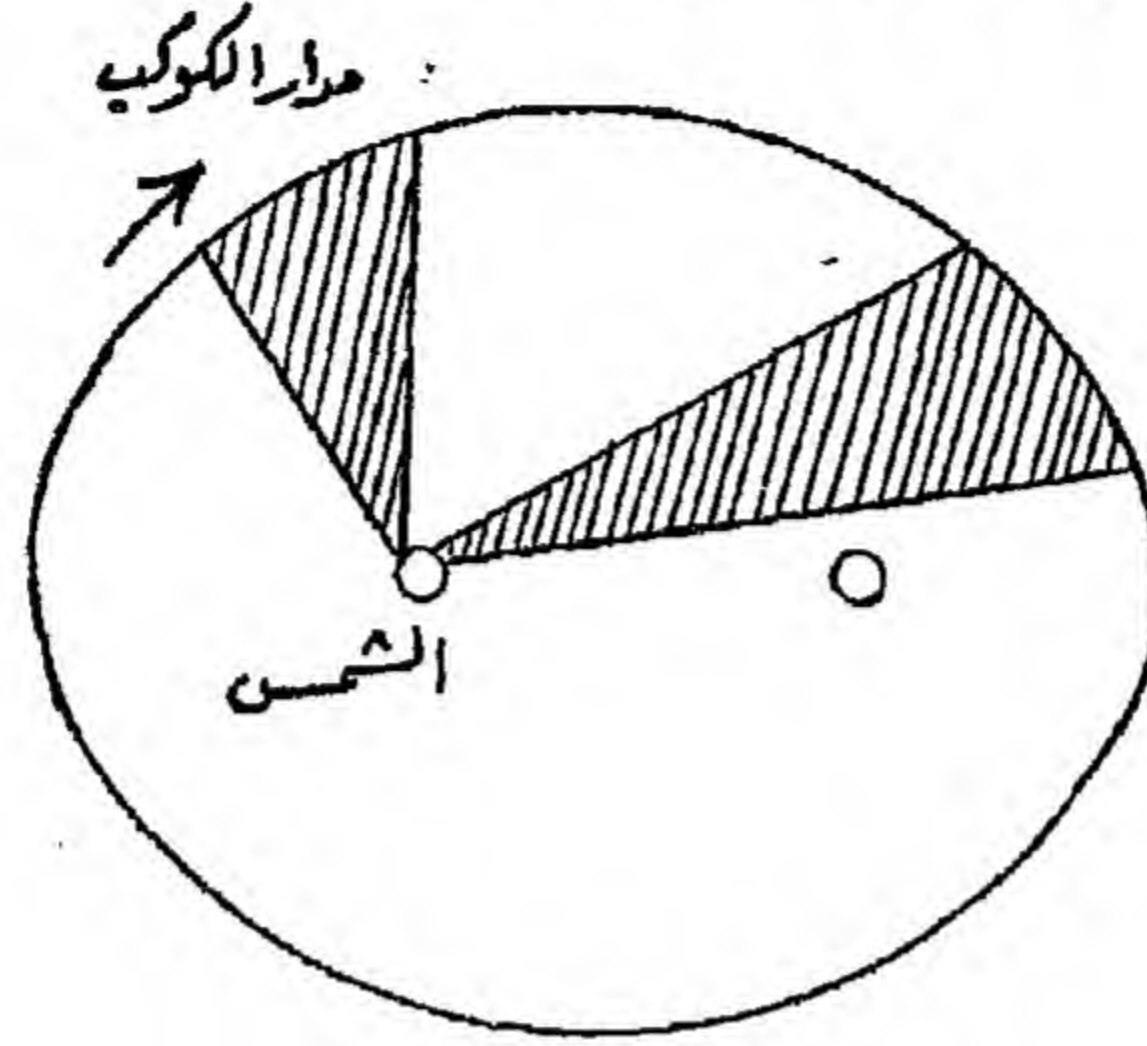
وكان كيبلر على يقين أن الله خلق الكون طبقا لخطة هندسية محكمة . ولذلك فإن بساطة نظرية كوبر نيكس اعتبرت أن هناك سنت كواكب : المشترى ، والمريخ ، والأرض ، وزحل ، والزهراء ، وعطارد . فقد سأل كيبلر نفسه : لماذا كانت الكواكب ستا ؟ وبعد عمليات رياضية كثيرة وصل حسبما ظن الى دليل هندسى على أن الوجود من الكواكب انما هو ست فقط . ولم يكن هذا التطابق دقيقا على الإطلاق . وكان لابد من نسخ هذه الفكرة عندما اكتشفت كواكب جديدة فيما بعد . ولكن بالنسبة لـ كيبلر نفسه فإن هذا الكشف المزعوم سبب له من الفرح أكثر مما سببه له كل ما قام به من عمل قيم فيما بعد . لقد ظن أنه وجد نظاما واتساقا فى هذا الكون العجيب ظل مجهولا حتى ذلك الحين . وكانت هذه البهجة حافزا له على مواصلة العمل بعزم لايلين . وهماو ذا يقول : ان السرور البالغ الذى تلقيته من هذا الكشف لايمكن التعبير عنه اطلاقا بكلمات تقال . اننى لم آسف على وقت ضاع ابدا ، ولم أمل غملا ، ولم أتهرب من مشقة تكبدتها فى القيام بالأعمال الحسابية . لقد قضيت أياما وليالى أعد واحسب حتى أستطيع ان أرى هل تتفق فرحتى مع نظرية كوبر نيكس أم هل يتلاشى طربى فى الهواء الأجوف .

## ٦ - قوانين كيبلر

شعر كيبلر أنه لا بد أن يكون هناك بعض الاتساق البسيط فى البيانات التى تلقاها عن تيكوبراهى ولذلك فإنه اتبع طريقة أخرى وضعها فى محك الاختبار ليرى هل صحيحة أم لا . لقد حاول أن يجد هل النسبة بين الوقت الذى يأخذه الكوكب ليدور حول الشمس وبين بعده عن الشمس هى نفس النسبة فيما يختص بجميع الكواكب . ولكنه وجد أن الأمر ليس كذلك . حينئذ حاول أن يعرف هل نسبة مربع الوقت والمسافة واحدة بالنسبة للجميع ، وهسكذا . وفى النهاية بعد أن ظل يعمل طويلا فيما



يختص بما وصل اليه من نتائج عن مواقع كوكب المريخ في أوقات السنة المختلفة ، وجد أنه لو مد خط وهمي من الشمس الى المريخ ، فإن هذا الخط يمر فوق مساحات متساوية في الأوقات المتساوية ( شكل ٥ ) . وكانت هذه في الحقيقة علاقة صحيحة بسيطة أدخلت السرور على قلبه .



﴿ شكل ٥ ﴾  
توضيح أول قانون كبلر

- ١ - مدار الكوكب بيضاوي
- ٢ - الخط الواصل من الكوكب الى الشمس يغطي في مستوى المدار مساحات متساوية في أزمنة متساوية

وبعد ذلك أخذ يفكر في المسارات التي تتخذها الكواكب في رحلتها حول الشمس . ان الأرقام التي أعطاها براهي كانت تدل بوضوح تام على أن المريخ لم يكن باستمرار على نفس المسافة من الشمس . وعلى ذلك فإذا كان الفلك الذي تدور فيه دائريا ، فإن الشمس لا يمكن أن يكون مركزها هذه الدائرة . وقد أفلقت هذه الحقيقة باله لدرجة كبيرة ، اذ أنها توحى بوجود كون غير متناسق . أهناك مخرج من هذا المأزق ؟ لقد قام بمحاولات كثيرة . وفي النهاية طرأت له فكرة أن المدار لابد أن يكون بيضاويا تقع الشمس في بؤرته ( شكل ٥ ) . وكانت هذه النتيجة تتفق مع الوقائع ، على الرغم من أن كبلر نفسه شعر أن هذه النتيجة التي وصل اليها لم تكن تقريبا في عظمة تلك النتيجة الجلييلة وهي مرور الخط الوهمي الممتد من المريخ الى الشمس فوق مساحات متساوية في الأوقات المتساوية . ومع ذلك فإن ما وصل اليه من نتائج أجبره على أن يعتبر أفلاك الكواكب بيضاوية لا دائرية ، كما ظل الناس يعتقدون قرونا عديدة .

ومع ذلك فإن عمله لم يكن قد انتهى بعد ، فقد حاول أن يجد العلاقة بين بعد الكواكب عن الشمس وبين زمن دورته حولها ، أو بمعنى آخر بين



الكوكب وسنته وأخيرا وبعد أن صادف فشلا كثيرا ، وجد فيما يختص بالكواكب جميعا أن مربع الوقت يتناسب تناسباً طردياً مع مكعب متوسط المسافة من الشمس . وفي استطاعتنا الآن تلخيص نتائجنا فيما يلي : -

١ - تدور الكواكب جميعها حول الشمس في أفلاك بيضاوية تقع الشمس في بؤرتها .

٢ - الخط الذي يربط الكواكب بالشمس يمر فوق مساحات متساوية في الأوقات المتساوية .

٣ - بالنسبة لجميع الكواكب يتناسب مربع الوقت تناسباً طردياً مع مكعب متوسط المسافة من الشمس .

وتعرف هذه النتائج الثلاث بقوانين كيبلر . إنها تلخص النتائج التي وصل إليها بعد مئات من الملاحظات وتصيغها في تعبيرات عامة موجزة . ويسمى مثل هذا التلخيص بالقانون العلمي .

وقد استعمل نيوتن قوانين كيبلر القائمة على مشاهدات براهي في نظرية الجاذبية . ويعطى هذا لنا مثلاً عن ترابط عمل عديد من العقول التي تميزت بها العصور الحديثة ، ويعد دليلاً على انتهاء النظرة التي سادت القرون الوسطى . وكان كيبلر نفسه يقف في مفترق الطريق (١) وقام بأبحاثه خلال المسنين الأولى للقرن السابع عشر في وقت كان ما زال الناس يضطهدون مواطنيهم باسم الدين . واضطر أن يدافع عن والدته حينما وجهت إليها الشعوذة ، ولم يتحرر هو نفسه من أغلال الروح التي سادت القرون الوسطى . ومع ذلك كانت نتيجة مقدمة لعصر جديد من التفكير ، ووضع ازدهار العلم بعد ذلك في القرن السابع عشر أقدامنا في الاتجاه الذي نرتاده الآن .

---

(١) انه من الممتع لنا أن نذكر أن القانون الثالث لكيبلر قد أعلن في مؤلف عنوانه : التجانس العالى « الذى صدر في أوجسبيرج عام ١٦١٩ » ، وأهدى للملك جيمس الاول . وقد قرأ الملك المؤلف بشغف عظيم ، ودعى كيبلر للحضور الى انجلترا ، ولكنه لم يقبل الدعوة على الرغم من الحياة المملوءة بالمتاعب التي كان يحياها في وطنه .



## الفصل الثالث

# عمل جاليليو

### ١ - باكورة أعماله

بينما كانت مسألة تحركات الكواكب تشغل بال كيبلر ، كان جاليليو ( ١٥٦٤ - ١٦٤٢ ) مؤسس الفزياء الحديثة مشغولا ببحث مسألة تحركات الأجسام على الأرض . وكان نبوغه العظيم واضحا وهو شاب . وذات يوم وهو فى الكتدرائية فى بيزا لاحظ التآرجحات البسيطة لأحد مصابيح المعبد الكبير ، فما كان منه إلا أن وقت (١) التآرجحات مستعينا بنبضه ، اذ لم يكن هناك وقتئذ ساعات مناسبة . ومما أثار دهشته أنه على الرغم من أن تلك التآرجحات كانت فى سبيلها الى الزوال ، الا أنها كانت دائما تستغرق نفس المدة . وهذه الآن حقيقة معروفة لدى الجميع وتمكننا من صناعة ساعات البندول . وصنع جاليليو الذى ابتدأ فى هذا الوقت يدرس الطب آلة بندولية صغيرة مفيدة لتوقيت نبض المريض على أساس مشاهداته فى كتدرائية بيزا . ولكن جاليليو لم يتابع دراساته الطبية طويلا ، اذ استمع ذات يوم الى محاضرة فى الرياضيات شغف بها لدرجة أنه قرر أن يجعل من الرياضيات موضع دراسة له طيلة حياته . وقد بدأ بدءا طيبا ، وبسرعة صار أستاذا للرياضيات فى بلدته بيزا مسقط رأسه .

### ٢ - تجاربه على الأجسام الساقطة

وجد جاليليو نفسه وسط مجموعة محافظة كبيرة من زملائه فى بيزا . كانوا يعتبرون ارسطو حجتهم فى جميع أمور الفلسفة والتاريخ الطبيعى ، ولم يدر بخلدهم قط أن يقوموا بتجارب بأنفسهم . ونتيجة لذلك جللهم العار حينما بدأ جاليليو الصغير يعلن شكوكه فى تعاليم ارسطو ويقوم بتجارب لحساب نفسه .

---

( ١ ) حسب الوقت الذى تستغرقه .



لقد ذكر أرسطو أن الاجسام تسقط على الأرض بسرعة تتناسب تناسباً طردياً مع أوزانها ، فثقل يبلغ وزنه عشرة أرطال يسقط بسرعة تتعادل عشرة أمثال السرعة التي يأخذها ثقل يزن رطلاً واحداً ، وهكذا دواليك . وظل الناس يؤمنون بهذه القول الذي كتب حوالى ٣٥٠ ق.م مدة ألفى عام تقريباً . ويبدو أن الناس لم يرتابوا قط فى صدق هذه الآراء ، لأنها كانت تبدو مقنعة جداً ، وكثيراً ما كانوا يلاحظون الريش وقطع الورق ترفرف وهى هابطة ، بينما كانت قطع الحديد تسقط بسرعة محدثة دوياء . وعلاوة على ذلك كان الناس جميعاً يؤمنون بما قاله أرسطو .

ومع ذلك ساورت جاليليو الشكوك مدة طويلة فيما يتعلق بهذا القول وقرر وضعه موضع الاختبار التجريبي البسيط . ولذلك تسلسل برج ليننج وأخذ معه ثقل يزن عشرة أرطال ، وثقلاً يزن رطلاً واحداً ، وأسقط الثقلين فاصطدما بالأرض سوياً . وكانت هذه التجربة التى قام بها عام ١٥٩١ فى الحقيقة هى الضربة القاضية التى وجهت لعلم فزياء أرسطو . وعلى الرغم من ذلك ، فإن أساتذة جامعة بيزا الذين كانوا مجتمعين لمشاهدة التجربة أبوا أن يصدقوا أعينهم ، ورجعوا ليطلعوا على موضوع سقوط الاجسام فى مؤلفات أرسطو .

ولكن جاليليو سار فى طريقه غير آبه بعدم موافقة الآخرين . وشرع يعمل ليجد كيف تسقط الأجسام على الأرض - أى بأية نسبة رياضية تتحرك . لقد أدرك طبعاً أن الأجسام الساقطة تتحرك بسرعة متزايدة - أى أن سرعتها تتزايد باطراد . ولكن سرعة جسم ساقط سقوطاً طليقاً كانت سريعة بالنسبة له بدرجة لم يكن فى استطاعته أن يقدرها . ولذلك قاس الوقت (١) الذى تأخذه كرة معدنية مستديرة ملساء لتتدحرج هابطة فوق سطح أملس مائل ميلاً بسيطاً . واقتنع بآدى الأمر أن سرعة هبوط جسم فوق سطح مائل هى نفس سرعته وهو ساقط سقوطاً طليقاً من ارتفاع مساو لارتفاع هذا السطح .

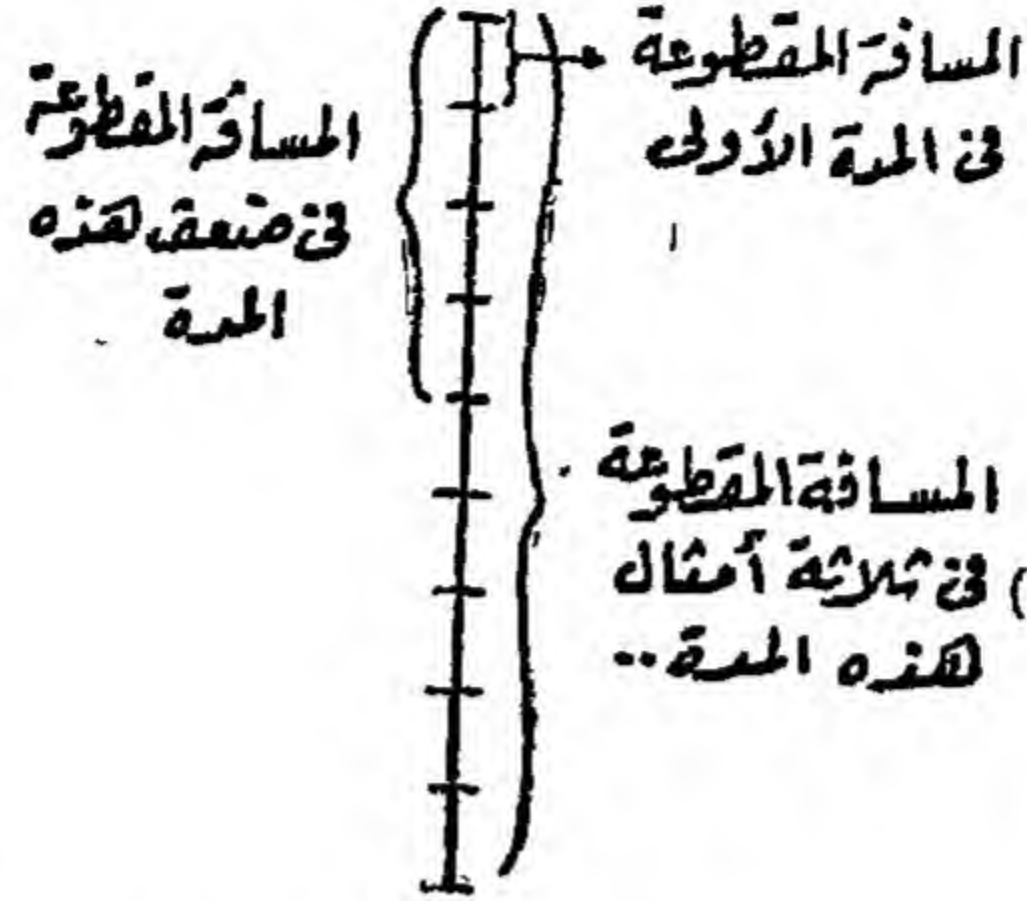
وأجرى جاليليو تجارب مستخدماً زوايا انحدار مختلفة ، ووجد أنه حينما كان يضاعف الوقت ، لم تكن المسافة المقطوعة ضعفاً بل كانت ٢٢ - أى أربعة أمثال المسافة الأولى ، وأنه حينما يثلث الوقت كانت المسافة ٢٣ - أى تسعة أمثال المسافة الأولى . وبمعنى آخر وجد أن المسافة المقطوعة تتناسب طردياً مع مربع الوقت . ورأى أنه بجعله المستوى أشد انحداراً

---

(١) لم يكن جاليليو ساعة يد أو ساعة حائط مناسبة أو لذلك قاس الوقت بجعل الماء ينساب من سطل به ثقب وكان بعد ذلك يزن الماء المنساب ، وكان هذا الوزن يعطيه تقديراً للوقت .



يقترب من الظروف التي تكتنف الجسم الهابط هبوطا طليقا . وقد أستنتج استنتاجا في محله أن نفس القانون : تناسب المسافة المقطوعة تناسبيا طرديا مع مربع الوقت : ينطبق على مثل هذا الجسم . ( شكل ٦ )



( شكل ٦ )

توضيح قانون جاليليو للأجسام الساقطة

### ٣ - أول قانون من قوانين الحركة

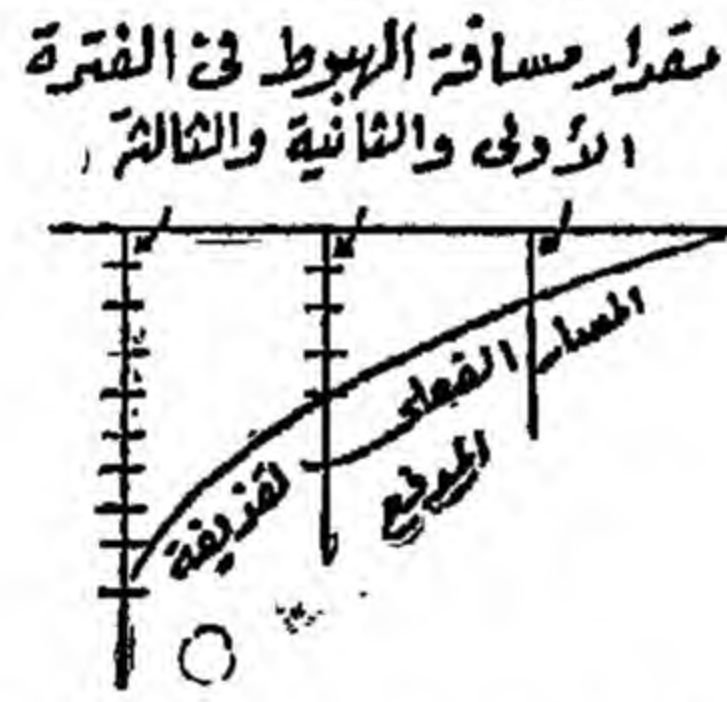
ان أول تجارب جاليليو على السطح المائل أرتته أنه حينما ينزلق جسم منحدرًا على سطح مائل ، فانه بعد ذلك يندفع صاعدا سطحا آخر الى ارتفاع يساوي تقريبا ارتفاع النقطة التي بدأ منها مهما كان من شأن هذين المنحدرين . وقد أستغلت هذه الحقيقة في الطرق اللووية في الجبال والمرتفعات ، وفي السكك الحديدية الصغيرة في ملاعب الملاهي ، وأراضى المعارض . والارتفاع النهائي الذي تستطيع العربات الجبلية أن تصل اليه لا يعادل اطلاقا وبالضبط الارتفاع الأصلي ، اذ أن هناك باستمرار بعض الاحتكاك . وقد أدرك جاليليو المقاومة الاحتكاكية وذلك لأنه اذا ترك جسم ينزلق الى أسفل أحد المسطحات ووصل هذا الجسم الى قاعدة مسطح مستو ، فانه يجرى الى الأبد بسرعة ثابتة لولا وجود المقاومة الاحتكاكية ، اذ بمجرد أن يبدأ الجسم المتدحرج فانه لا يحتاج الى قوة لتجعله يستمر في تحركه . وهذا أمر واضح للغاية ، ولكن التوصل الى معرفته كان يعد بحق نقطة تحول في تاريخ علم الميكانيكا .

وكان الناس حتى عصر جاليليو يعتقدون أنه من اللازم دفع جسم أو جذبه باستمرار لكي يستمر في حركته . ومع ذلك فقد توصل جاليليو الى أن استعمال قوة اضافية ليس ضروريا للحركة ، ولكنه ضروري فقط لتغيير الحركة . ولذلك فان الكواكب لا تحتاج الى دفع مستمر . وتستمر الأشياء الطليقة في التحرك مع الأرض ولا تختلف عنها . وقد زاد نيوتن



على هذا المبدأ ووضحه (١) ، ولكن المؤكد أن تعاليم جاليليو تضمنت هذا المبدأ .

واستعمل جاليليو هذا المبدأ في معالجته مشكلة المسار الذي تتخذه قذيفة المدفع بعد أن تترك فوهته . وكان قد بدأ استعمال البارود والمدافع قبل هذا الوقت ، ولذلك كانت هذه المسألة ذات علاقة بالطرق الحربية العملية . وقد عالج جاليليو المشكلة بالطريقة الآتية : لقد تصور أن قذيفة المدفع تنطلق بسرعة واتجاه معينين ، ولكنها في اللحظة التي تكون فيها طليقة في الهواء تبدأ في السقوط بتعاجل (٢) مثلها في ذلك مثل غيرها من الأشياء الساقطة . وتحقق من أنه بعد مرور دقيقة واحدة تتوقف حالة القذيفة على عاملين : ( ١ ) سرعتها واتجاهها الأصليين ( ٢ ) المسافة التي قطعتها في سقوطها منذ بدء تحركها . وبما أن جاليليو كان على علم بأن المسافة المقطوعة بسرعة ثابتة تتناسب طرديا مع الوقت ، وأن مسافة السقوط تتناسب طرديا مع مربع الوقت ، فقد أوضح جاليليو أن قذيفة المدفع يجب أن تكون قوسا تنطبق كل هذه النسب عليه انطباقا دقيقا . ويدعى مثل هذا القوس بالقطع المكافئ ( شكل ٧ ) .



مسار قذيفة مدفع منطلقة أفقيا  
( شكل ٧ )

ولم يبق جاليليو طويلا في بيزا ، فالرجل الذي يبرز زملاءه بدرجة كبيرة لا يكون محبوبا قط . ان الانتقادات التي جهر بها والتعبيرات التي

#### ( ١ ) قوانين الحركة لنيوتن :

( أ ) كل جسم يبقى على حالته من السكون أو الحركة المنتظمة في خط مستقيم ما لم تؤثر عليه قوة تغير من حالته .  
( ب ) معدل التغير في كمية الحركة لجسم يتناسب طرديا مع القوة المؤثرة ، ويحدث ذلك في اتجاهها .

( ج ) لكل فعل رد فعل مساو له في المقدار ومضاد له في الاتجاه .

( المترجم )

( ٢ ) سرعة مطردة الزيادة .

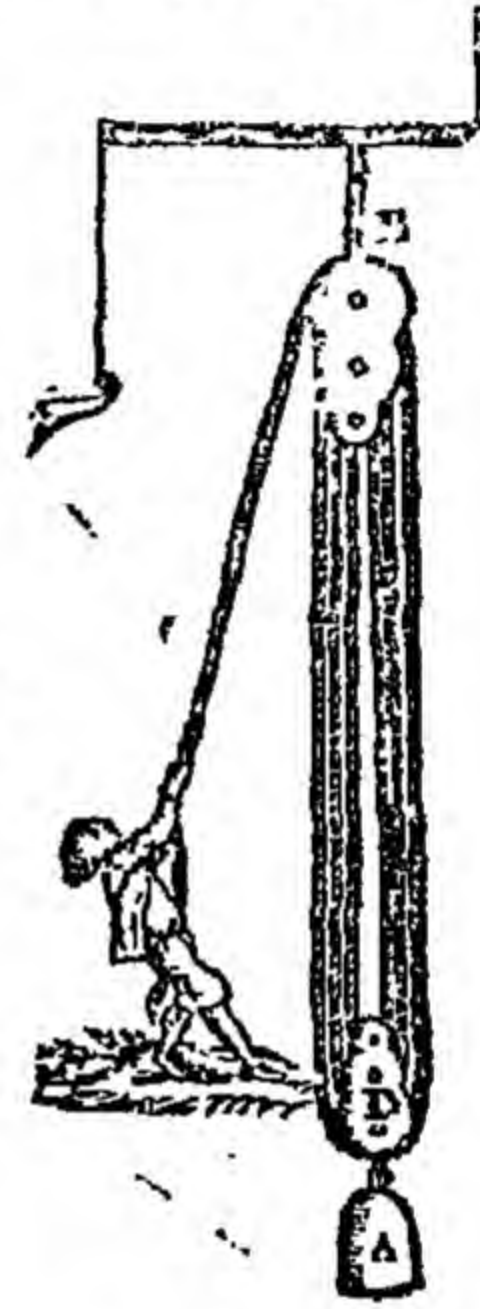
( المترجم )



لا لباقة بها عن أرائه جعلت له أعداء كثيرين . وفي النهاية صار وجوده في الجامعة غير محتمل ، ولذلك استقال وقبل استاذية الرياضيات في بادوا .

#### ٤ - بادوا

كانت محاضرات جاليليو في بادوا انتصارات أحدثت أثرا بليغا ، وذاع صيته في الآفاق . وعلاوة على محاضراته الرسمية كان يكتب أبحاثا عن التحسينات الحديثة ، وكانت تستشير حكومة البندقية في طرق رفع المياه وتوزيعها ، وكتب رسالة شارحا « القوى الميكانيكية » أو ما نسميها الآن بالآلات مثل الميزان ، والبكرة ( شكل ٨ ) واللولب والتروس . وكانت



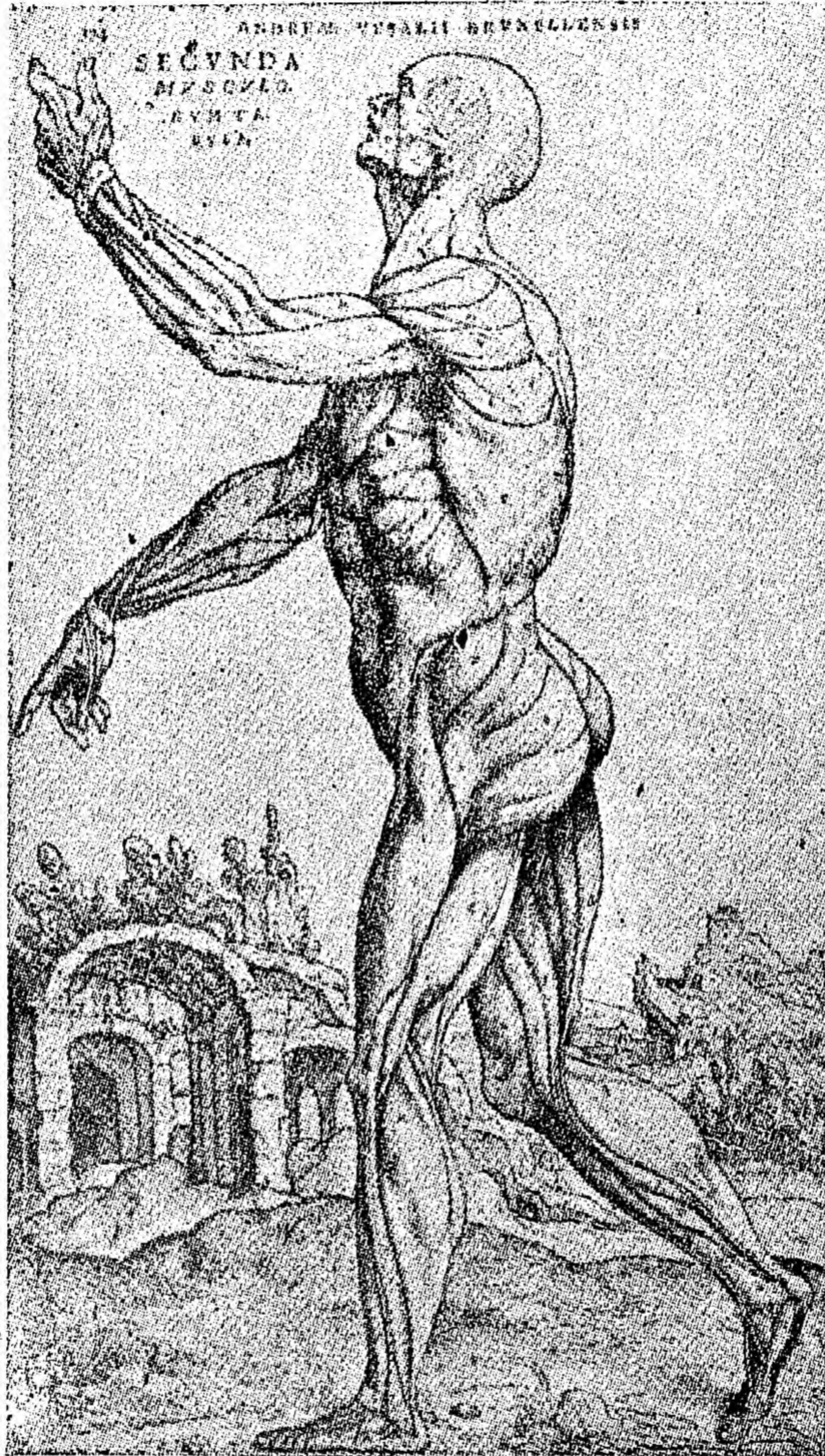
( شكل ٨ )  
رسم توضيحي قديم لبكرة ، من مجموعة  
رسائل ديكرات  
( فرانكفورت ١٦٩٢ )

تستعمل مثل تلك الآلات في رفع الأثقال ورفع الماء من الآبار في العصور القديمة قبل الكشف عن المبادئ الميكانيكية التي تضمنتها . وكان جاليليو ملما بمبادئ الروافع التي عرفت منذ زمن أرشميدس ( ٢٥٠ ق.م ) لقد توصل الى معرفة حقيقة لاحظها ليوناردو وآخرون أيضا ، وهي أنه على الرغم من أن الرافعة تمكننا من رفع جسم ذي وزن ثقيل بواسطة قوة صغيرة في نهاية ذراع طويل ، إلا أن هذه القوة الأصغر يجب أن تتحرك خلال مسافة أطول نسبيا . وهذه الملاحظة أوجزت في العبارة التالية ما يكتسب في القوة يفقد في السرعة . وكان التعرف على هذا المبدأ هو أصل قانون الطاقة الذي تطور تطورا تاما بعد ذلك بقرنين .

#### ٥ - تجارب بالتلسكوب

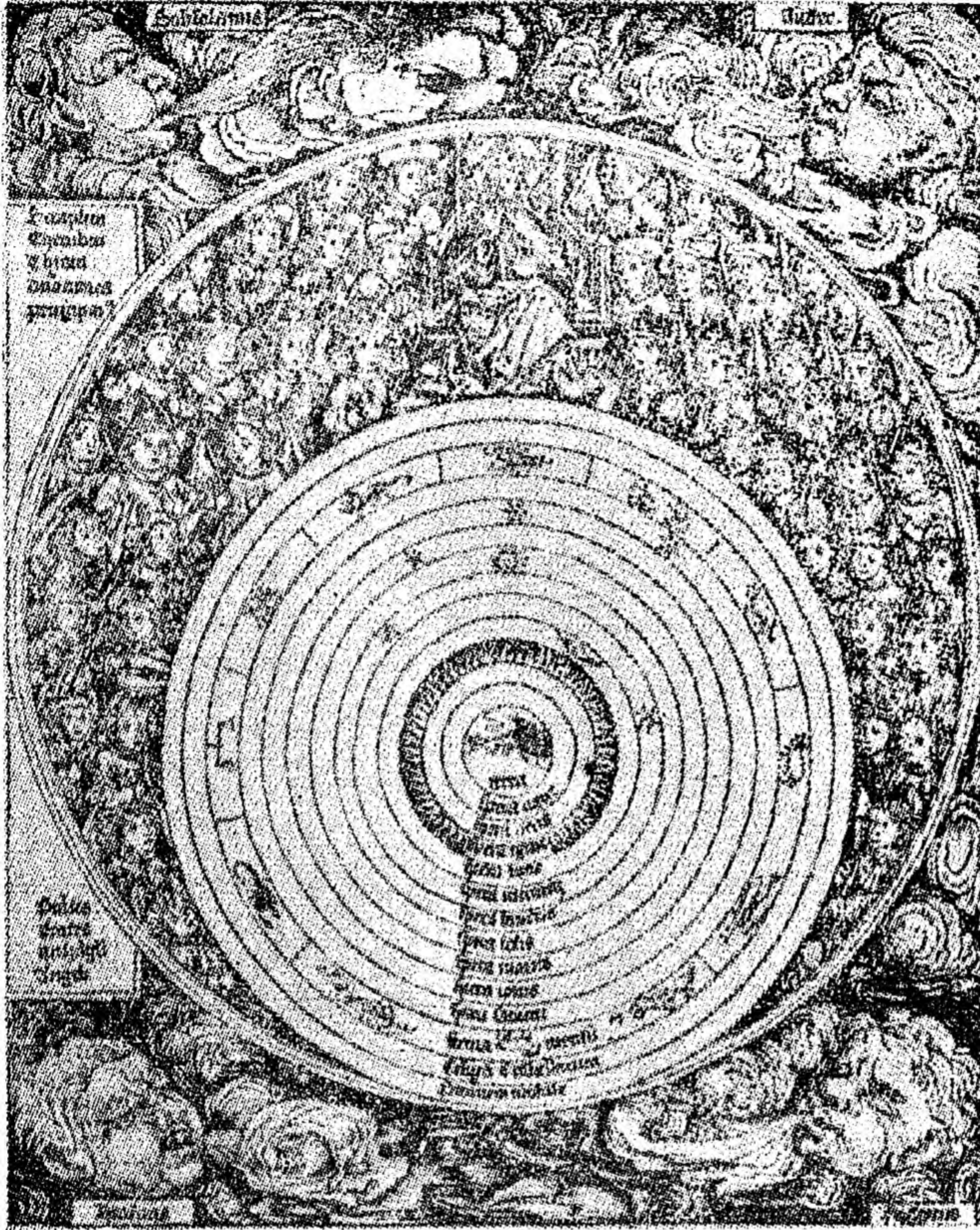
توقفت دراسات جاليليو فيما يختص بالميكانيكا فجأة فقد تألق نجم جديد في السماء عام ١٦٠٤ ، وأثار هذا شغف الناس جميعا ، وأصبح





تشرح الجسم من كتاب تركيب الجسم البشري  
نشر كتاب فيساليوس هذا في بازل عام ١٥٤٣



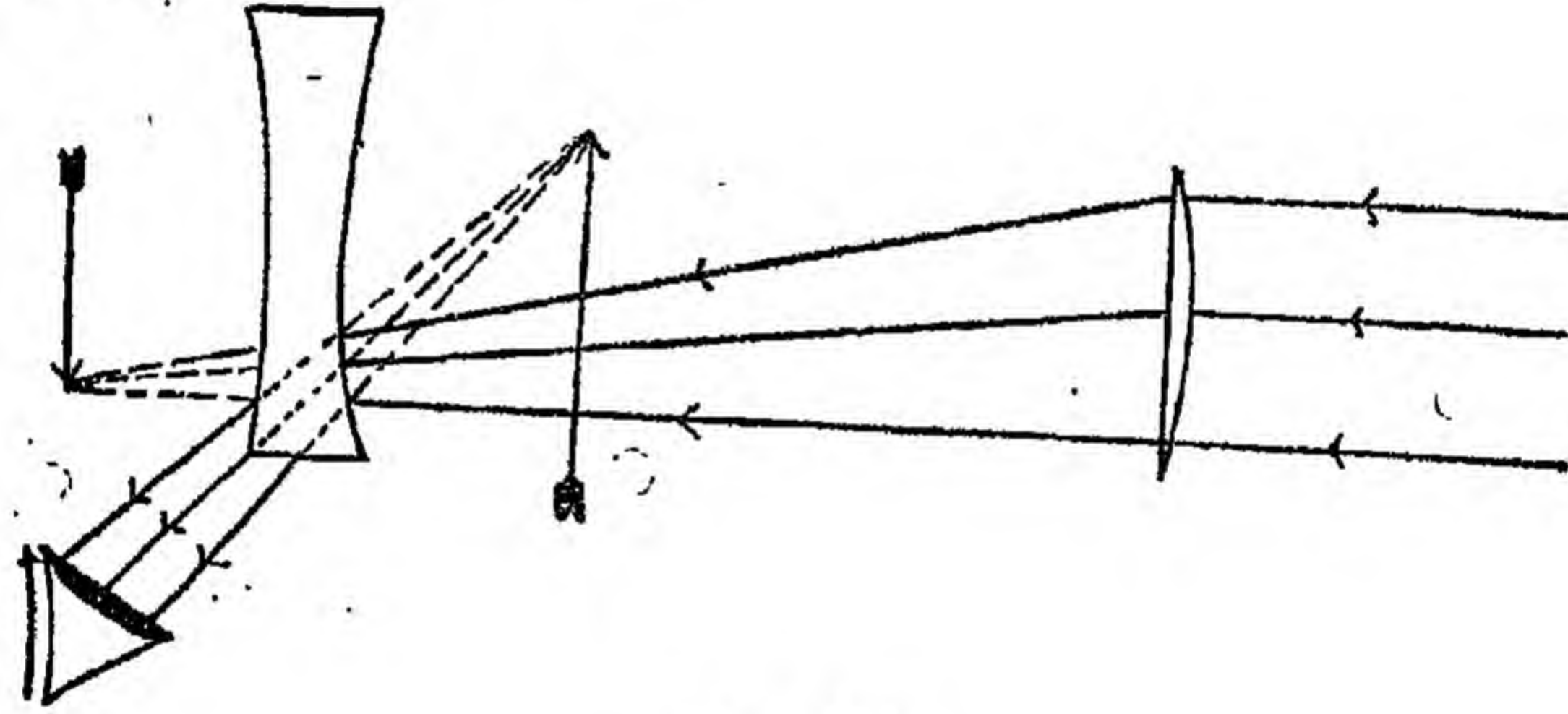


رسم توضيحي لمفهوم الكون في العصور الوسطى من السجل التاريخي لنيرمبرج عام ١٤٩٢



هناك اهتمام مباشر بالفلك • وحضرت جموع حاشدة محاضرات جاليليو ، وكان كل هؤلاء متلهفين أن يعلموا شيئاً عن هذا الجسم الجديد الذي بدأ في السماء ، وهياً هذا فرصة طيبة لجاليليو لطعن أنصار أرسطو الذين كان من رأيهم باستمرار أن السماء لا تتغير تبعا لما قاله استاذهم ، ولكن هذا كان تغييرا بالفعل •

وسرعان ما تيسرت لجاليليو حجج أقوى ، فقد سمع اشاعة أن صانع نظارات هولندي تمكن من صنع زوج من العدسات بطريقة تجعل الأشياء البعيدة تبدو أقرب وأكبر حجما • وقد جعلته هذه الشائعة يعمل فكره • وكان يعرف بطريقة غامضة كيف تجمع العدسة أشعة الضوء التي تسقط وسرعان ما حصل على بعض العدسات ، ونجح في صناعته آلة أحسن بكثير من الآلة الأصلية • وادعى جاليليو أن منظاره ، كان يكبر الاجسام التي على بعد خمسين ميلا بحيث تبدوا كأنها على بعد خمسة أميال فقط



( شكل ٩ )  
المبدأ الذي بنى عليه جاليليو تلسكوبه

( شكل ٩ ) • وقد ذاعت قصص عديدة في الخارج عن هذه الآلات الجديدة (١) حتى تلقى جاليليو أمرا ملكيا لعرض آله على الدوج (٢) ، وأعضاء مجلس شيوخ البندقية • تسلق هؤلاء الوجهاء أعلى برج في البندقية ونظروا خلال التلسكوب فكان ثوابهم أن شاهدوا السفن قادمة من بعد على صفحة الماء ، تلك السفن التي كانت ما زالت غير مرئية للناس الموجودين أسفل منهم •

( ١ ) أعلنت عجائب تلسكوب جاليليو على العالم في أول جريدتين مطبوعتين عرفهما الناس • وقد طبعت هاتان الصحيفتان في ١٦٠٩ في استراسبرج وأوجسبيرج على التوالي •  
( ٢ ) والى البندقية • ( المترجم )



وسرعان ما وجد جاليليو أن تلسكوبه زود عينيه بقوة جديدة ، وضوبه الى منطقة السماء المعروفة بنهر المجرة ، فشاهد حشدا من النجوم . ونظر الى القمر ورأى به جبالا وأودية وبدأ له كأنه عالم كعالمنا . وذات ليلة صافية ١٦٠٩ كان ينظر من خلال تلسكوبه الى كوكب المشترى ، ومما أثار دهشته أنه رأى عدة أجرام صغيرة بالقرب من المشترى فى صف . وكان لا يمكن رؤيته هذه الأجرام اطلاقا بالعين المجردة . لاحظ فى ليال متتالية ورأى أنها كانت تغير مواقعها بالنسبة لبعضها البعض . وعلى الفور طرأت على ذهنه فكرة أن للمشتري أربعة أقمار تدور حوله ، بالضبط كما للأرض قمر يدور حولها . اذن فهناك أجسام تدور حول جرم مركزى ، نموذج مصغر للمجموعة الشمسية كما فكر فيها كوبرنيكس . ياله من كشف .

لقد فكر جاليليو بالفعل مليا فى أنظمة محتملة فى الكون، وأعلن فى رسالته لكيبلر أنه من المؤمنين بنظام كوبرنيكس . ومع ذلك فقد كان من واجباته الرسمية فى بادوا شرح النظام البطلمي القديم المعقد . ومضى بعض الوقت قبل أن يعترف صراحة بإيمانه بالنظرية الجديدة . وكان لزاما على المرء فى تلك الأيام أن يكون حريصا فى التعبير عن الآراء التى تناهض السلطات . ألم يهلك من قبل جيوردانو برونو بحرقه حيا على سارية ، وذلك بسبب آرائه عن السماء المخالفة لتعاليم الكنيسة ؟ ولكن جاليليو كان يضع ثقته فى عينيه ، وكان يشعر وتلسكوبه تحت تصرفه أن لديه وسيلة يستطيع بها أن يحقق صدق نظرية كوبرنيكس البالغة الأهمية .

وكانت هناك حجة غالبا ما قامت ضد نظرية كوبرنيكس، وهوانه اذا كان كوكب الزهرة الذى هو أقرب منا الى الشمس يتحرك بحق حول الشمس فيجب أن نرى وجهه بأكمله أحيانا مضاء بنور الشمس، ونرى أحيانا جزءا منه فقط . وبمعنى آخر يجب أن تكون للزهرة أوجه كأوجه القمر .

ولكن كوكب الزهرة الالامع ، نجمة الصباح والمساء ، كان مظهرها لا يتغير باستمرار . ونتيجة لذلك ، فإن الرجال القلائل الذين عن لهم فى وقت من الأوقات أن يتدبروا الأمر استنتجوا أن هذه كانت حجة قوية ضد نظرية كوبرنيكس . ولكن جاليليو أتى بتلسكوبه فى تلك الآونة ، وراقب الزهرة عدة أسابيع على فترات وما أطر به أن رأى الزهرة مرة تبدو كالهلال ، ثم بدت بعد ذلك فى حجم نصف القمر ، وبعد ذلك بدأت كدائرة كاملة من نور . ولكن الزهرة كانت تبدو باستمرار للعين المجردة بشكل لا يتغير . وكانت هذه حجة قوية فى صالح نظرية كوبرنيكس ،



ولكن بعض الأساتذة القدامى أبوا أن يستعملوا فى مشاهداتهم تلسكوب جاليليو ، وحاول آخرون أن يدحضوا ما قد رأوه بأعينهم .

ولذلك كثر أعداء جاليليو ، انه لم يثر حنق أساتذة الجامعة المحافظين فحسب ، بل أثار حنق الكنيسة أيضا . وشعرت السلطات الحاكمة أنه كان زنديقا ، وألقيت الخطب الدينية ضده ، ولكنه استمر مع ذلك فى دراساته . وكانت خطوته التالية هى تصويب تلسكوبه ناحية الشمس ، معلنا أنه شاهد بقعا مظلمة بدت كأنها تتحرك من يوم الى يوم عبر الكرة الملتهبة . وزاد ذلك من قلق أنصار أرسطو كثيرا ، وبدأ أعداؤه فى الكنيسة يثيرون الآراء ضده فى روما . وفى سنة ١٦١٥ استدعاه البابا ليشرح وجهة نظره . استقبله البابا استقبالا حسنا للغاية . وكانت المقابلة مقابلة ودية ، ولكنه مع ذلك فرض حظرا عليه الا ينشر أى مزيد من آرائه .

## ٦ - أمجد أعمال جاليليو

أكمل جاليليو بعد حوالى خمسة عشر عاما من عودته من روما أعظم مؤلف له عن النظريتين الكبيرتين اللتين تفسران نظام الكون (١) . وكان قد وعد من قبل ألا يتناول النظرية الكوبرنيكية بالشرح والتبيان . ولذلك أعلن أن الكتاب كان شرحا غير متحيز لكل من النظريتين البطلمية والكوبرنيكية .

وصيغ هذا الكتاب على هيئة مناقشات بين شخصين من أنصار هاتين النظريتين المتضاربتين ، وبين شخص ثالث كان يوجه أسئلة اليها .

وحيث ان جاليليو كان مؤمنا بنظرية كوبرنيكس ، كان من المستحيل عليه لذلك أن يظل غير متحيز . انه لم يستطع تفادى جعل المناقشات تؤدى الى التنديد بمغالطات الجانب الآخر وكان ذا تهكم لاذع . ومن سوء الطالع أنه أجرى الحجج العقيمة لأنصار النظرية البطلمية وحتى حجة أدلى بها البابا نفسه ، على لسان سيمبليكيوس ، وهو شخص أخرق استخدمت ملاحظته كأحاييل للتنديد الواضح بأنصار النظرية الكوبرنيكية . وكانت الرقابة مفروضة على الكتب فى تلك الأيام . ومن المحتمل أن الرقيب البابوى لم يستطع فهم كتاب جاليليو ، أو على الأقل لم يقرأه بتمعن ، وذلك لأنه نشر فى عام ١٦٣٢ . وقد استقبلته الطبقة المتعلمة فى العالم بترحاب ، ونوقش من جميع وجوهه فى جميع الأوساط . ولكن أعداء جاليليو رأوا أن الفرصة قد سنحت لهم الآن . لقد دعى الى روما ، وكان عليه أن يظهر أمام محاكم التفتيش .

( ١ ) حوار بين اثنين حول نظام العالم ، طبع فى فلورنس عام ١٦٣٢



ماذا كان جرمه ؟ لم يكن جرمه الوحيد أنه ذكر أن الأرض تدور حول الشمس . ان اتجاهه الكلى كان من شأنه أن يزعزع العقائد الراسخة ، فبدلاً من اعتبار العلم تراثاً مقدساً يتوارثه عصر عن عصر ، أخذ جاليليو يقوم بالتجارب لنفسه . وعلاوة على ذلك فإنه وضع النتائج التى وصل إليها العقل البشرى موضع المناهض لسلطة الكنيسة . واعتبرت حججه ضد النظرية الباطنية كتهجم على النظام التام التى تتعلق جميع العقائد به . ومن المؤكد أن جاليليو لم يكن لبقاً ، وأنه قد خالف أوامر الكنيسة ان لم يكن حرفياً فروحياً . وقد أُجِرم أيضاً فى جرحه كبرياء البابا . واعتبر شخصاً خطراً ولذلك قدم للمحاكمة .

وأنه لما يثير الشجى أن نفكر فى شخص كجاليليو ، شخص كبارى مهدم ، جاثياً يطلب التوبة . لقد أُجِبر أن يستنكر النظام الكوبرنيكى . وقد كان لمحاكم التفتيش تلك القوة الكبيرة ، ولكنها لم تكن لديها قوة تقضى بها على تيار الروح الجديدة التى سرت فى العالم - روح الاستقصاء التى كانت لاتزال سارية فى دماء جسد جاليليو الواهن ، والتى شغلت بال خلفائه فغيرت نظرية البشرية كلها .

وكان من أعظم الخدمات التى أسداها جاليليو للعالم تمييزه الواضح بين ما يمكن أن يقاس وما لا يمكن أن يقاس . ومن الأمثلة التى ضربها لذلك أنه من الممكن أن نقيس حجم شئ ونقدر وزنه والسرعة التى يتحرك بها ، ونعبر عن هذا كله بالأعداد . ولكنه أوضح أنه لا يمكننا أن نعبر بالأعداد عن رائحة أى شئ ، أو مذاقه ، أو لونه ، أو أى شئ آخر من الآثار التى تتوقف على حواسنا . وقد شغل رجال العلم أنفسهم منذ زمن جاليليو بشكل . متزايد بالوزن والقياس والتعبير عن النتائج بالأرقام . وحينما كانوا يتمكنون من تقدير ما كانوا يتحدثون عنه كانوا يستطيعون موازنة نتائجهم بنتائج الباحثين الآخرين . وكانوا يسجلون تلك النتائج لاستخدامها فى المستقبل ويستعملونها فى اختبار الآراء المختلفة .

وبالتدريج سار المبدأ القائل بأن العلم إنما هو قياس يؤثر فى جميع فروع دراسات الطبيعة . وانا لمدينون بذلك المبدأ لجاليليو .

وعاش جاليليو بعد محاكمته فى فيلته القريبة من فلورنس فى عزلة المبجلة . ولكن عقله الزاخر لم يهدأ له بال قط . اذ على الرغم من أنه قد حرم عليه نشر أية مؤلفات أخرى فى مناصرة النظرية الكوبرنيكية ، الا أنه مع ذلك جمع نتائج أبحاثه الأولى عن الأجسام الساقطة وضمنها رسالة فى الحركة كانت أساس علم الديناميكا كله .

لقد بدد جاليليو طاقاته دون اكتراث . وأثرت الرحلات الشاقة الى روما والمتاعب التى صادفها فى محاكمته على بنيته الضعيفة تأثيراً بالغاً ،



وأصيب في سنيه الأخيرة بالعمى . وفى ذلك الوقت زاره جون ميلتون  
(١) ، وكان اذ ذاك شابا فى مقتبل قواه يستمتع بمباهج الشعر (٢)  
وكان جميع زواره يعلقون على حالة جاليليو الهرم الأعمى وصفاء ذهنه  
الذى كان يخلب لبهم . ولكن النهاية كانت وشيكة اذ قضى جاليليو نحبه  
عام ١٦٤٢ . ومع ذلك فان عمله لم ينته ، ففي السنة التى مات فيها  
جاليليو ولد فيها اسحق نيوتن ، الذى قدر له أن يسير بالعمل الذى بدأه  
جاليليو الى نهاية مجيدة .

---

( ١ ) شاعر انجليزى يعد الشاعر الانجليزى الثانى بعد شكسبير . ( المترجم )

( ٢ ) كتب ملتون عن تلسكوب جاليليو فى الجنة المفقودة .



## الفصل الرابع

# افشاح عصر التجربة

### ١ - أسس علم المغنطيسية

كان المعروف زمن الاغريق القدماء ان الكهرمان يكتسب خاصية اجتذاب الاجسام الخفيفة اليه مثل الريش وقطع الصوف عند ذلك ، وأن هناك مادة معينة فى الأرض فى قدرتها اجتذاب قطع الحديد . وكان يطلق على هذه المادة لفظ « الحجر المغنطيسى » وبعد ذلك أطلق عليه « المغنطيس » الذى اشتق اسمه من اسم مغنيسيا « فى الاغريق حيث كانت هذه المادة توجد بكميات كبيرة . ثم صار المغنطيس يعرف باسم « حجر الطريق » بالنسبة لاستعماله للدلالة على اتجاه الطريق . ويشير حجر المغنطيس فى استعماله الحالى الى اكسيد الحديد الذى يتكون طبيعيا والذى يسمى بالمغنطيط (١) .

وكانت الخاصية الحقيقية الوحيدة للمغنطيس المعروفة للقدماء هى قوة جذبها للحديد ، ولكن بمرور الوقت حاك الناس حوله عدة اقايصيص خرافية . ومما افترضته هذه الاقايصيص أن حجر المغنطيس يفقد ميزته فى حال وجود الثوم ، او أحجار الماس ، ولكن كان المعتقد امكان عودة قوة جذبها باستخدام دم ماعز فى الوقت المناسب . وكان من المفروض ان لحجر المغنطيس خواص طبية ، وكان يوصى به بوجه خاص لعلاج النقرس . وقد توارثت الأجيال كثيرا من هذه الاقايصيص المدهشة التى تستهوى السذج فيصدقونها .

وقد عرف فى القرون الأخيرة من العصور الوسطى ان قطعة الحديد التى مغنطت باحتكاكها بحجر مغنطيس تأخذ اتجاهها شماليا جنوبيا تقريبا لو ثبتت فى محور بحيث يمكنها ذلك من التحرك بحرية فى مستوى افقى . وكانت تستعمل أحجار المغنطيس هذه ، كما قد رأينا لارشاد

( ١ ) اكسيد الحديد المغنطيسى

( المترجم )



السفن فى البحر . وأحيانا كان المغنطيس بدلا من تثبيته بمحور ليتأرجح  
يوضع فى فنجان خشبى طاف فى قدح مائى . وهناك رسم لمثل هذا  
المغنطيس الطافى فى احدى مذكرات ليونارد دافنشى . ولكن مثل هذه  
الدراسات المبكرة لم تتابع أكثر من ذلك حتى انتهى القرن السادس  
عشر تماما .

ويرجع تاريخ الدراسة العلمية للمغناطيسية فى الحقيقة الى ايام  
وليم جيلبرت ( ١٥٤٠ - ١٦٠٣ ) . وقد درس هذا الرجل العظيم الطب  
فى كامبردج ، وبعد ذلك مارس هذه المهنة فى لندن حيث عمل كطبيب  
للملكة الياصابات . وفى فترات فراغه من واجباته كطبيب للقصر قام  
جيلبرت بالأبحاث البالغة الأهمية التى اكسبته لقب أبى المغنطيسية .  
ويبدو أنه كان شديد الاخلاص لليصابات . ويخبرنا أحد مؤرخى الجيل  
التالى بإشارة لبقية قائلا : لقد بلغ اخلاصه للملكة حدا جعله يموت  
فى السنة التى ماتت فيها عام ١٦٠٣ ، كما لو كان غير راغب أن يبقى  
حيا بعدها .

وقد دون جيلبرت قصة تجاربه فى كتاب نشره عام ١٦٠٠ (١)  
أوضح فيه أن الأرض نفسها ماهى الا مغنطيس . وكان هذا أول كتاب  
علمى هام طبع ونشر فى انجلترا . وفى احدى تجاربه الأولى اخذ جيلبرت  
قطعة مغنطيس وجعلها على شكل كروى ، ثم وضع ابرة حديدية على  
المغنطيس ، وأمسكه بيده ، فلاحظ أنه تأرجح أول الأمر حول مركزه ثم  
استقر . رسم خطا بالطباشير على المغنطيس لتحديد موقع الأبرة . ثم  
امسك بعد ذلك بالحجر فى وضع مختلف وحدد الاتجاه الذى استقرت  
فيه الأبرة . وبعد أن كرر هذه العملية عدة مرات ، وجد مغنطيسه مغطى  
بعدد من الخطوط الطباشيرية التى يمكن توصيلها سسويا لتكون دوائر  
مثل خطوط الزوال على الكرة الأرضية . وقد شوهد تقاطع هذه الدائرة  
فى نقطتين متقابلتين على المغنطيس سماها جيلبرت اقتفاء لكاتب أقدم منه  
« القطبين » (شكل ١٠) .

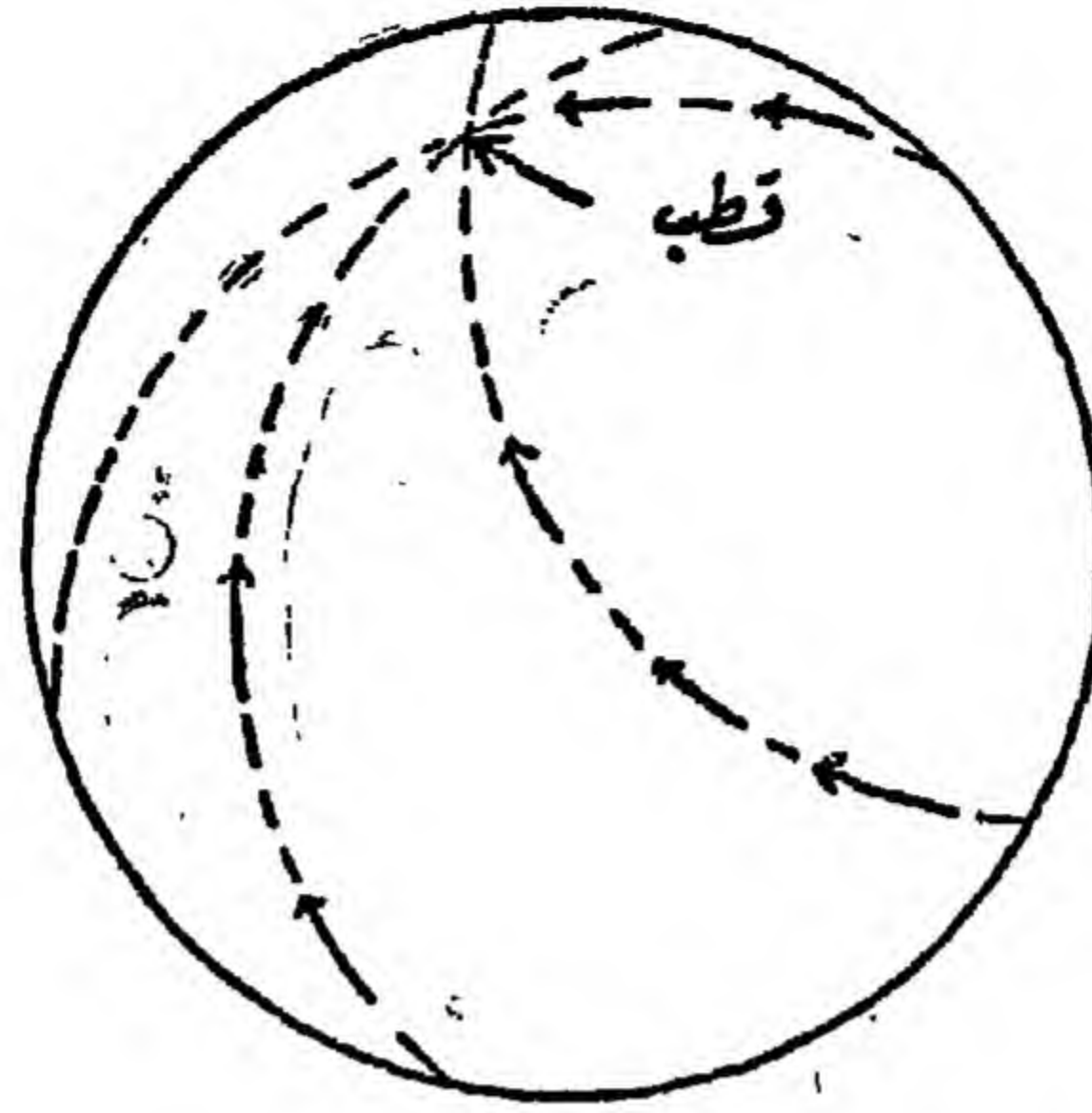
وبعد أن اهتمدى جيلبرت الى القطبين بهذه الطريقة ، وضع المغنطيس  
الى كوب خشبى وجعله يطفو فى قدح من الماء . وقد لاحظ أن القدح  
أخذ يتأرجح حول محوره ثم استقر فى النهاية . وكان الخط الموصل  
للقطبين فى اتجاه شمالى جنوبى . وعلى ذلك استطاع أن يميز طرف

---

(١) كان عنوان الكتاب : المغنطيسى والاجسام الممغنطة والمغنطيس الكبير ، الأرض (لندن



المغناطيس الذي يتجه شمالا باستمرار . ووجد بجعله مغنطيسين يطفوان أن الأقطاب المتشابهة تتنافر ، بيد أن الأقطاب المختلفة يجذب بعضها بعضا .

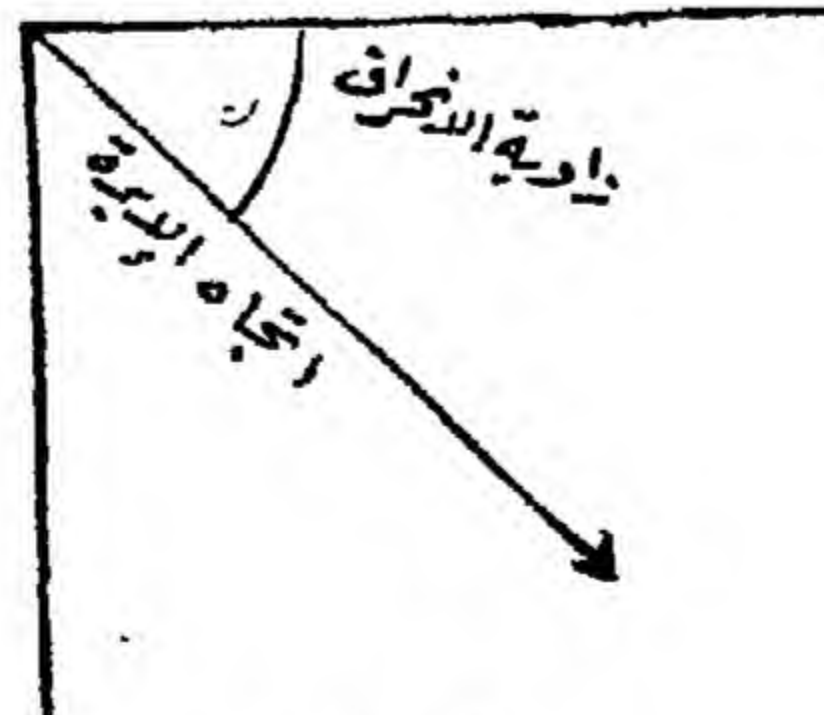


( شكل ١٠ )

توضيح تجربة جيلبرت بالمغنطيس الكروي ظهرت فيه الابر في عدة مواضع

وصنع جيلبرت أيضا آلة صغيرة مفيدة تتكون من قطعة حديد ممغنطة شكلها كشكل السهم ومركبة في محور كائنة البوصلة الصغيرة التي نستعملها الآن ، واستطاع جيلبرت بمساعدتها أن يجد أي القطبين هو القطب المتجه شمالا باستمرار ، أو مايعبر عنه بالقطب الشمالي على سبيل الإيجاز لاية قطعة من قطع المغنطيس .

وكان من المعروف في زمن جيلبرت أنه لو ركبنا ابرة ممغنطة بحيث يمكنها أن تدور في مستوى رأسي يقع في اتجاه شمالي جنوبي فإنها تتخذ أوضاعا مختلفة في الأماكن المختلفة على سطح الكرة الأرضية شكل ( ١١ ) . وقد شوهد أن القطب الشمالي للابرة في خطوط العرض



( شكل ١١ )

زاوية الانحراف



الشمالية ينحرف نحو الأرض . ووجد أن زاوية الانحراف الواقعة بين  
الابرة والمستوى الأفقى تبلغ ٧١° فى لندن فى تلك الأيام ، وأن الزاوية  
تكبر كلما اقتربنا من القطب الشمالى ، وكلما اقترب المشاهد من خط  
الاستواء كلما نقصت .

وقام جيلبرت بدراسات مماثلة على نطاق ضيق بأحجار مغناطيسية  
كروية الشكل ، ووجد أنه إذا ركبت ابرة تركيبا مناسباً فإنها تتخذ  
فيما يختص بالمغناطيس موضعاً مطابقاً لزاوية الانحراف على الأرض « أن  
هذا الانحراف العجيب » كما قال « لدلالة واضحة على طبيعة الأرض  
المغناطيسية العظيمة » .

هيا بنا نعود لحظة الى البوصلة . لقد كان معروفا حتى قبل عصر  
جيلبرت أن الاتجاه الذى تتجه نحوه ابرة البوصلة ليس هو الاتجاه  
الشمالى الجنوبى بالضبط كما حددته المقاييس الفلكية . انه ينحرف  
عن ذلك الخط ، وتعرف الزاوية التى بين الاثنين الآن بزاوية التغير  
أو الميل . وكان صانعو البوصلات يعملون حسابا لهذا الانحراف .  
وقد اعتادوا فى عصر جيلبرت أن يجعلوا بطاقة الاتجاه الموضوعة تحت  
الابرة منحرفة انحرافا بسيطا . ولكن الانحراف يتغير من مكان الى مكان  
على سطح الكرة الأرضية ، وعلاوة على ذلك يحدث فيه تغير بسيط من  
سنة لأخرى ، بحيث أن التصحيح الذى كان يجرى كان تصحيحا محليا  
يلبث الا وقتا قصيرا فحسب . وفى عصر الياصابات كانت المعلومات  
الخاصة بهذا الموضوع قليلة جدا بدرجة أن مشكلة الانحراف المغناطيسى  
أقلقت الملاحين بدرجة كبيرة . وظن جيلبرت حينما أدرك هذه المصاعب  
أن ابرة الانحراف يعول عليها أكثر من البوصلة العادية . وقد وجد  
بواسطة أحجاره المغناطيسية الكروية الشكل أن الخطوط التى توصل  
الأماكن التى يتساوى فيها الانحراف تتفق مع خطوط العرض . ولذلك  
ظن أن ابرة الانحراف من شأنها تمكين الملاحين من رسم خرائط لخطوطهم  
الملاحية . ولكن حينما وضعت هذه الطريقة موضع التجربة وجد أن  
هناك تغيرات كبيرة فى مقدار الانحراف فى الأماكن التى تقع على خط  
عرض واحد ، ولذلك اضطر أن ينبذ هذه الفكرة . وبمرور الوقت أدخلت  
تحسينات على تركيب البوصلة ، وكان لا يزال عدد الرواد المخاطرين  
الذين يمخرون عباب البحر فى ازدياد . ونتيجة لذلك أصبحت مقادير  
الانحراف معروفة فى عدد كبير من الأماكن . ولذلك كان فى استطاعة  
الملاح اجراء التصحيحات فى مقادير الانحراف من واقع خريطته الملاحية ،  
ويرسم تبعا لذلك خط سفينه الملاحى بدرجة دقيقة نوعا .

وعلى الرغم من أن جيلبرت ذاع صيته غالبا بالنسبة لما قام به  
فى المغناطيسية ، الا أنه قام بعدة دراسات هامة تتعلق بخواص الأجسام



المكهربة • ونحن مدينون بنفس كلمة الكهرباء لجيلبرت • وقد استخدم هذا الاسم لوصف الآثار الغريبة التي شاهدها عند ذلك في الكهرمان • والكلمة الاغريقية للكهرمان هي : اليكترون ، وهذه الكلمة نفسها مشتقة من كلمة : اليكتور : ومعناها سساطع • ولاحظ جيلبرت أن قوة جذب الأجسام لا يختص بها الكهرمان وحده ، ولكن هناك موادا أخرى لها نفس الخاصية مثل الزجاج • ولاحظ أن الأجسام المكهربة تفقد قوتها حينما توضع قرب لهب ، وأن التجارب التي تجرى على الأجسام المكهربة لا تؤدي الى نتائج دقيقة في الأيام الرطبة ، وهي حقيقة معروفة تمام المعرفة للطلبة اليوم • ولكي يوضح جيلبرت التكهرب صنع جهازا بسيطا مكونا من مؤشر خفيف مركب في محور بحيث يتمكن من الدوران بسهولة • كان يجذب حينما تقترب منه الأجسام المكهربة ولذلك كان يستخدم ككاشف بسيط للتكهرب •



( شكل ١٢ )

تصوير جيلبرت لحداد يعمل على سندانه • هذا الشكل يوضح كشف جيلبرت انه اذا وضعت قطعة حديد محمية في اتجاه شمالي جنوبي وطرقت فانها تصير ممغنطة ( من كتاب المغنطيسية )

وبين دفات كتابه في المغنطيسية ، نجد بيانات واضحة عن حقائق مشاهداته • فمثلا دون جيلبرت أنه لو قطع مغنطيس الى نصفين فانه يتكون له قطبان في المواضع التي كان خامدا فيها من قبل • ويوضح لنا أيضا كيف أن قضيبا من حديد محمي ذا اتجاه شمالي جنوبي يصير ممغنطا حينما يطرق بمطرقة ( شكل ١٢ ) • ويقرر في وصفه لهذه



التجارب ولتجارب أخرى ماشاهده بالضبط وكان فى ذلك حريصا على الا يستخلص أية استنتاجات أو يعطى أية إيضاحات لا أساس لها .

ويعد عمل جيلبرت فى الحقيقة مبدأ عصر التجريب بمعناه الحديث . لقد رسم لنفسه طريقة محددة للاستقصاء ، وهى الدراسة التجريبية لخواص المغنطيسات والطبيعة المغنطيسية للأرض . انه لم يحاول أن يصف العلم كله كما فعل كتاب القرون الوسطى . وهذا التحديد الذى يفرضه الانسان على نفسه هو من خصائص الاتجاه الحديث . وانه لذو مغزى ان سنة ١٦٠٠ التى شهدت نشر مؤلف جيلبرت العظيم ، هى نفس السنة التى شهدت استشهاد بورونو فى روما . ومما يريح بالنا بعض الشيء ان ندرك انه على الرغم من ان انجلترا فى ذلك الوقت كانت متخلفة عن ايطاليا ثقافيا بدرجة كبيرة ، الا أن روح الاستقصاء الجديدة ازدهرت فى جوها الأكثر حرية ، وأن رجال العلم على الرغم من انه كان ينظر اليهم أحيانا بعين الريبة ، كانوا يعاملون بروح من التسامح ، وكان بعضهم كجيلبرت يتمتع برعاية ملكية (١) .

## ٢ - اكتشاف الدورة الدموية

ان مبادئ القياس التى دافع عنها جاليليو فى بادوا دفاعا مجيدا ظهرت ثمارها فى مؤلفات من قصدوها من بلاد كثيرة . لقد صارت بادوا مركزا دوليا للعلم ، اذ فتحت أبوابها للطلاب من جميع المذاهب الدينية ، وما زال فى الامكان أن نرى فى فناء جامعها أوسمة الشرف البطولية لبعض مشاهير الرجال الذين تعلموا هناك . وبين هذه الأنواط نوط الطبيب الانجليزى وليم هارفى ( ١٥٧٨ - ١٦٥٧ ) الذى زاول مهنة الطب فى لندن بعد دراسته فى كامبريدج ، وفى بادوا بعد ذلك ، وأصبح طبيبا فى مستشفى سانت بارثلميو . وسرعان ما بدأ بعد ذلك عددا من الأبحاث اهتدى خلالها الى كشفه العظيم - الدورة الدموية .

وأول مفتاح لهذا الكشف أتى من مدرس هارفى فى بادوا ، الذى بين له ان هناك صمامات فى الأوردة تسمح بانسياب الدم فى اتجاه واحد فقط . وهذه الصمامات انما هى قلابات تفتح كالباب حينما ينساب الدم مارا فى اتجاه واحد ، ولكنها توصلد بأى انسياب فى الاتجاه المضاد

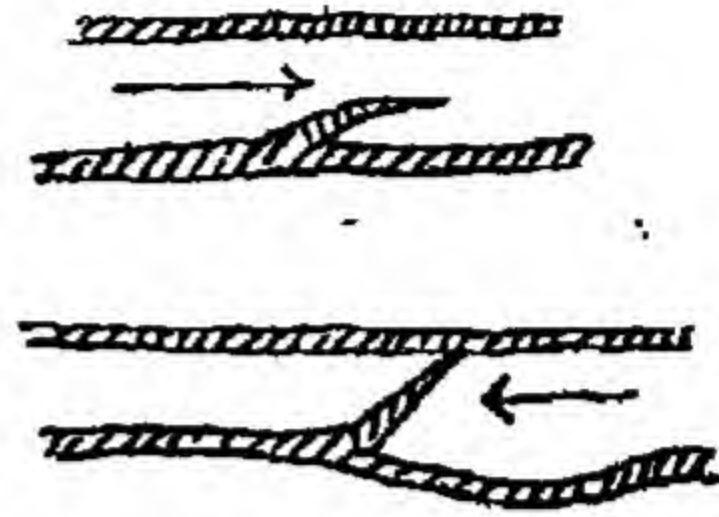
---

(١) انه من الممتع ان نلاحظ أن بورونو الذى قام بأعجد أعماله فى انجلترا تعرف على جيلبرت . ومن المحتمل أن وجهات نظر بورونو وصلت الى جاليليو عن طريق كتابات جيلبرت .



( شكل ١٣ ) . وقد أوضح تعرف هارفى لهذه الصمامات أنه لا يمكن أن ينساب الدم ذهاباً وإياباً فى نفس الشرايين ، كما كان الناس يعتقدون حتى ذلك الوقت .

رشكل ١٣  
كيف تسمح الصمامات فى الأوردة للدم  
بالانسياب فى اتجاه واحد فقط



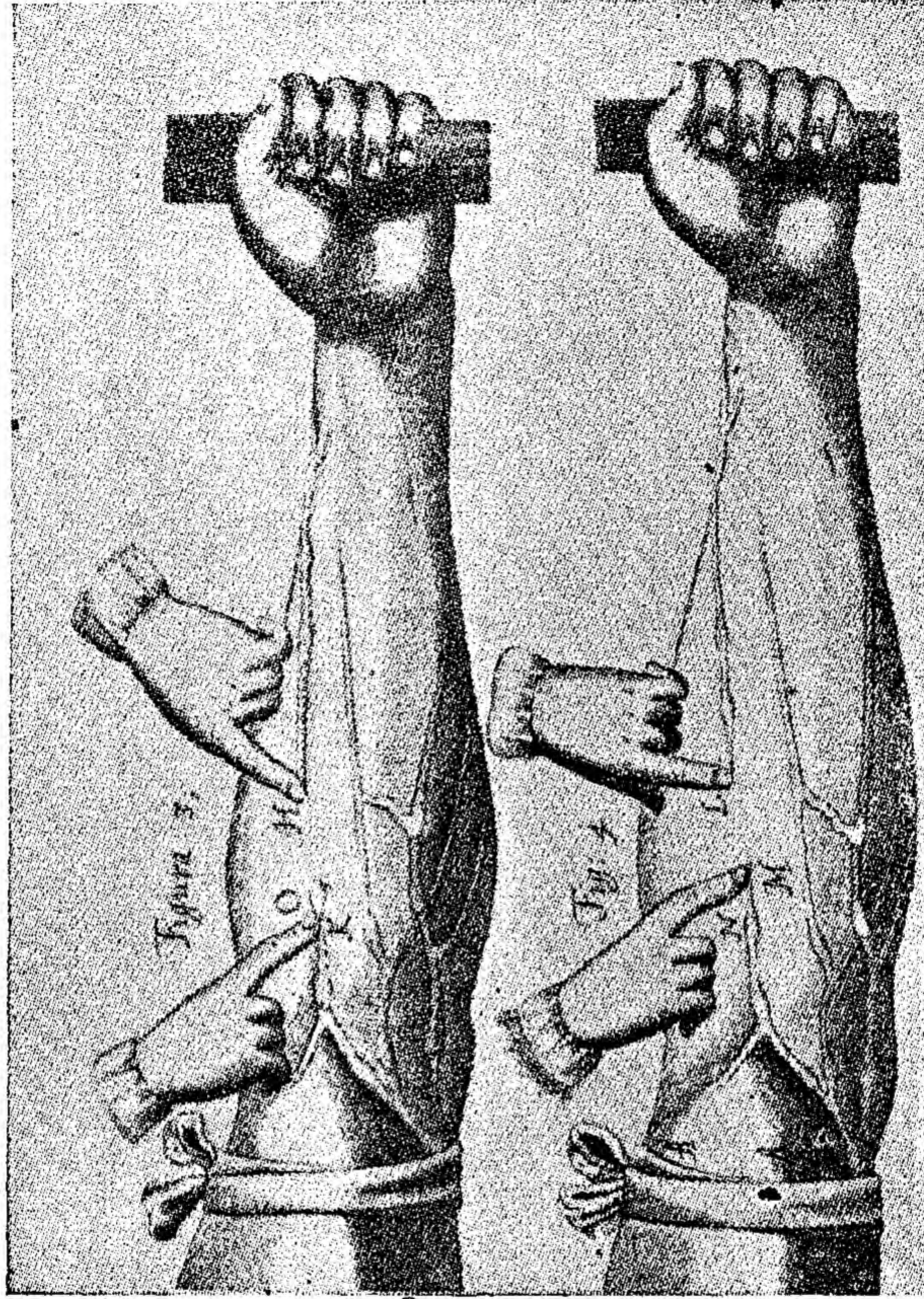
وعلاوة على ذلك فقد كان قد تعلم مبادئ انسياب السوائل من جاليليو . ولذلك فإن هارفى عالج انسياب الدم من وجهة النظر الميكانيكية ، معتبرا القلب كنوع من أنواع المضخات .

ويخبرنا هارفى أن هدفه كان اكتشاف الحقائق عن طريق الفحص الواقعى ، وليس من كتابات الآخرين . لقد راقب حركات قلب الحيوانات الحية بما فيها ذكور الضفادع ، والضفادع والشعابين ، والأسماك الصغيرة والسرطانات البحرية ، والجنبى ، والقواقع ، والمحار وكذلك قلوب الحيوانات ذات الدم الحار . واستنتج هارفى من مثل هذه الدراسات استنتاجاً صحيحاً أن نبض القلب يحدث عندما يتقلص القلب ، وأن هذا التقلص يدفع بالدم الى الخارج . وقد تأكد من هذا من مشاهداته لتركيب القلب نفسه .

وبعد ذلك درس هارفى انسياب الدم فى الأوردة . وكانت إحدى تجاربه تتلخص فى ربط السواعد العليا لأشخاص أحياء بضمادات ( لوحة ٧ ) . ونتيجة لهذا انتفخت الأوردة وسهلت رؤيتها .

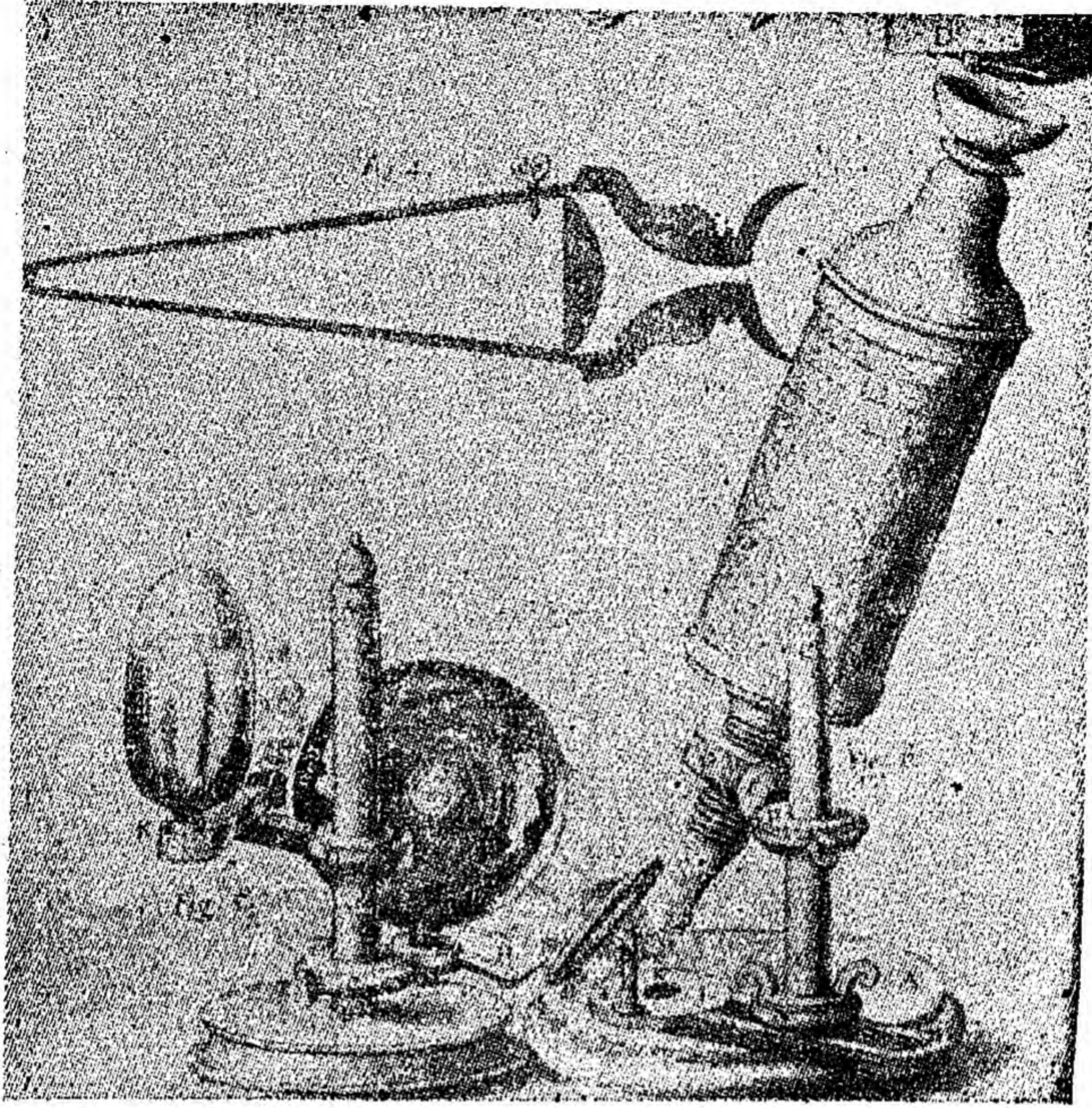
وعند ضغطه بأصبعه على إحدى الأوردة فى اتجاه بعيد عن القلب وجد أن هذا الجزء من الوريدبقى خالياً من الدم . وقد أراه هذا بوضوح أن الأوردة تسمح فقط للدم بالانسياب خلالها صوب القلب . وقد لاحظ الدارسون قبله وعلى الأخص ليوناردو الصمامات فى الشرايين الكبيرة التى يسرى الدم فيها خارجاً من القلب . وشاهد هارفى أيضاً هذه الشرايين واستنتج وهو على صواب فيما ذهب إليه أن تلك الصمامات تسمح بانتقال الدم من القلب فحسب . وعلى ذلك أدرك أن انسياب الدم





تجارب هارفي على سواعد اناس احياء مربوطة بضمادات





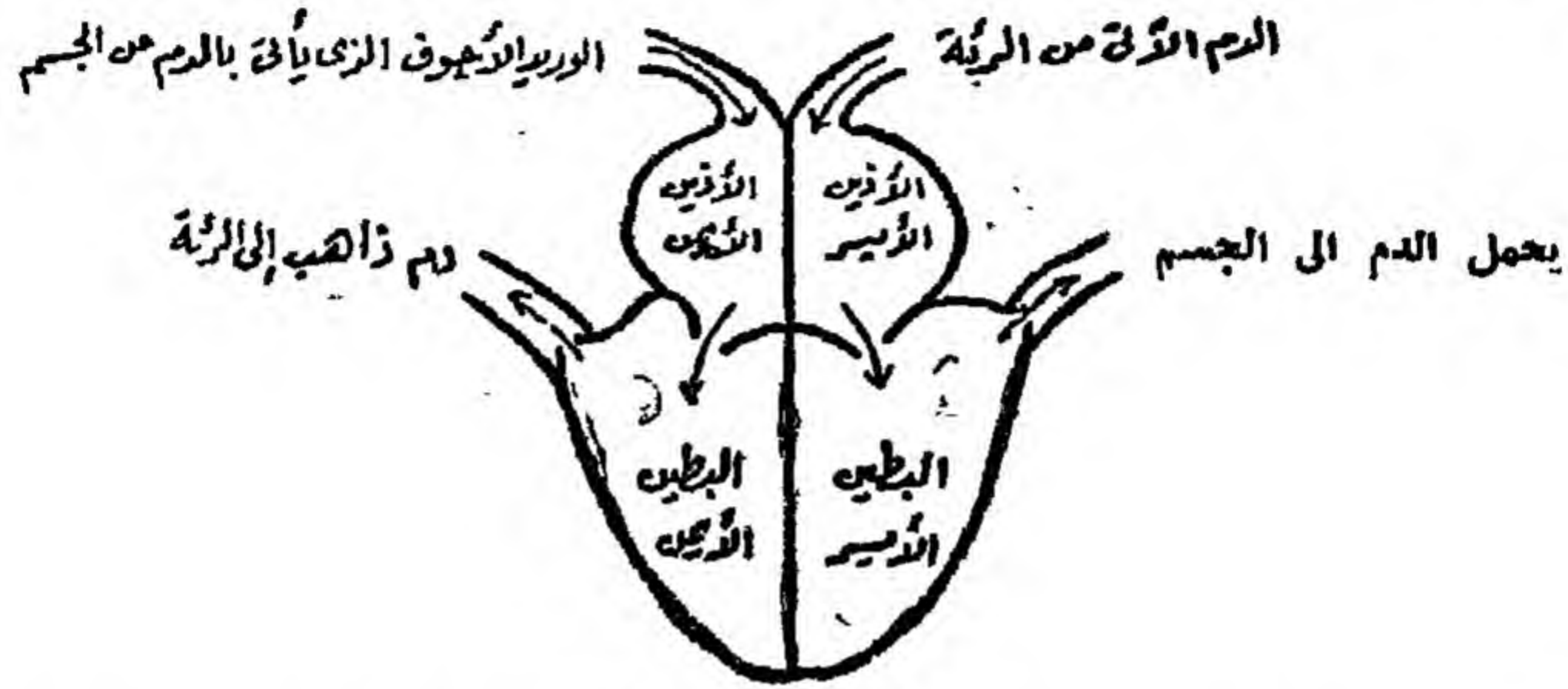
مجهر هوك

كان الشيء المراد النظر اليه يوضع عند (م) حيث تمكن رؤيته من عدة زوايا . وكان هوك يستعمل مصباحا للاضاءة . واستخدم الاناء الزجاجي الكروي (ز) والعدسة (ط) كبسورة لتجميع الاشعة



فى كل من الشرايين والأوردة يجب أن يكون مستمرا ، وفى اتجاه واحد فقط . وبعد ذلك أصبح الطريق ممهدا لاكتشاف الدورة الدموية .

وقد بين هارفى أننا لو افترضنا أن البطين الأيسر للقلب يحتوى على أوقيتين من الدم ، وأن معدل النبض ٧٢ فى الدقيقة فإن البطين الأيسر يخرج فى الدقيقة  $2 \times 72$  أوقية دم ، أو  $30 \times 2 \times 72$  كل نصف ساعة . ولكون هذه الكمية الأخيرة أكبر من كمية الدم جميعها التى يحتوىها الجسم ، فقد استنتج أن الدم الذى يتكرر إرساله من القلب يجب أن يعود ثانيا إليه ( شكل ١٤ )



( شكل ١٤ )

الدورة الدموية أثناء مرورها فى القلب حينما تقلص جدر البطين الأيسر يندفع الدم خلال الصمامات إلى الشريان الكبير المعروف باسم الأورطة . وينتقل من الأورطة إلى شرايين أصغر تتفرع إلى أصغر منها حتى يصل إلى أوعية دموية تشبه الشعر ، وهى التى تعرف بالشعيرات . وينتقل من الشعيرات إلى أوردة أكبر فأكبر حتى يصل إلى القلب عن طريق الوريد الكبير المسمى بالوريد الأجوف الذى يصب فى الأذين الأيمن .

ويمكننا تلخيص نتائجه كما يلى (١) أن النبض يتفق مع تقلص القلب (٢) يحدث النبض بواسطة امتلاء الشرايين بالدم (٣) لا توجد هناك مسام فى الحاجز الفاصل بين جانبي القلب (٤) ينتقل الدم من الجانب الأيمن إلى الجانب الأيسر للقلب عن طريق غير مباشر فقط بمروره أولا خلال الرئتين (٥) الدم الذى تحتويه الشرايين والذى تحتويه الأوردة هو نفس الدم .

وبدا هارفى يوضح تلك المبادئ للمستمعين إليه فى الكلية الملكية للأطباء عام ١٦١٦ وهو العام الذى قضى فيه شكسبير . واستمر يقوم بهذا عشر سنوات . واثناء هذه المدة أعاد فحص النتائج التى وصل إليها بأجرائه تجارب متكررة عليها . ولم يعلن عن اكتشافاته للعالم إلا بعد اغراء جاد من أصدقائه أن يفعل ذلك . وطبع مؤلفه فى فرانكفورت عام ١٦٢٨ تحت عنوان : بحث فى تشريح حركة القلب والدم .



وكان هارفى ذا خلق يتسم بالحرص والهدوء . لم يكن ككيبلر  
تستخفه الفاظ التعظيم التى تطربه . ويندفع فى تيارها ، كما لم تكن له  
الحمية النارية التى تميز بها جاليليو . لقد بلغ من رزائته وهدوء مزاجه  
أنه أثناء موقعة ادجهل جلس بهدوء تحت وشيع (١) مستغرقا فى قراءة  
كتاب ، وكان فى ذلك الوقت يعمل طبيبا خاصا للملك شارل الأول . انه  
انتقل فحسب من مكانه وواصل القراءة حينما سقطت قنبلة مدفع بجواره .  
ان هذا المزاج الهادى ، بالإضافة الى مهارته فى اجراء التجارب ، وتفهمه  
تاملا لعناصر المشكلة ، مكنه من القيام بعمل رائع ينتزع حتى اليوم وبعد  
مرور ثلاثة قرون الاعجاب من كل أولئك الذين يدرسون تلك الآلة  
العجيبة ، الجسم البشرى .

### ٣ - اكتشافات المجهر

على الرغم من أن هارفى كشف حقيقة الدورة الدموية ، الا أنه لم  
يشاهدها قط ، اذ لم يكن لديه مجهر . ونتيجة لذلك لم ير انتقال الدم  
قط من الشرايين الى الأوردة خلال الأوعية الدموية الدقيقة التى يطلق  
عليها اسم الشعيرات . وبعد موت هارفى بأربع سنوات تمكن عالم تشريح  
ايطالى يدعى مالبىفى ( ١٦٢٨ - ١٦٩٤ ) من وصف هذه الدورة الدموية  
خلال الشعيرات ، واستخدم فى مشاهداته عدسة محدبة واحدة ، او  
مجهرًا بسيطًا .

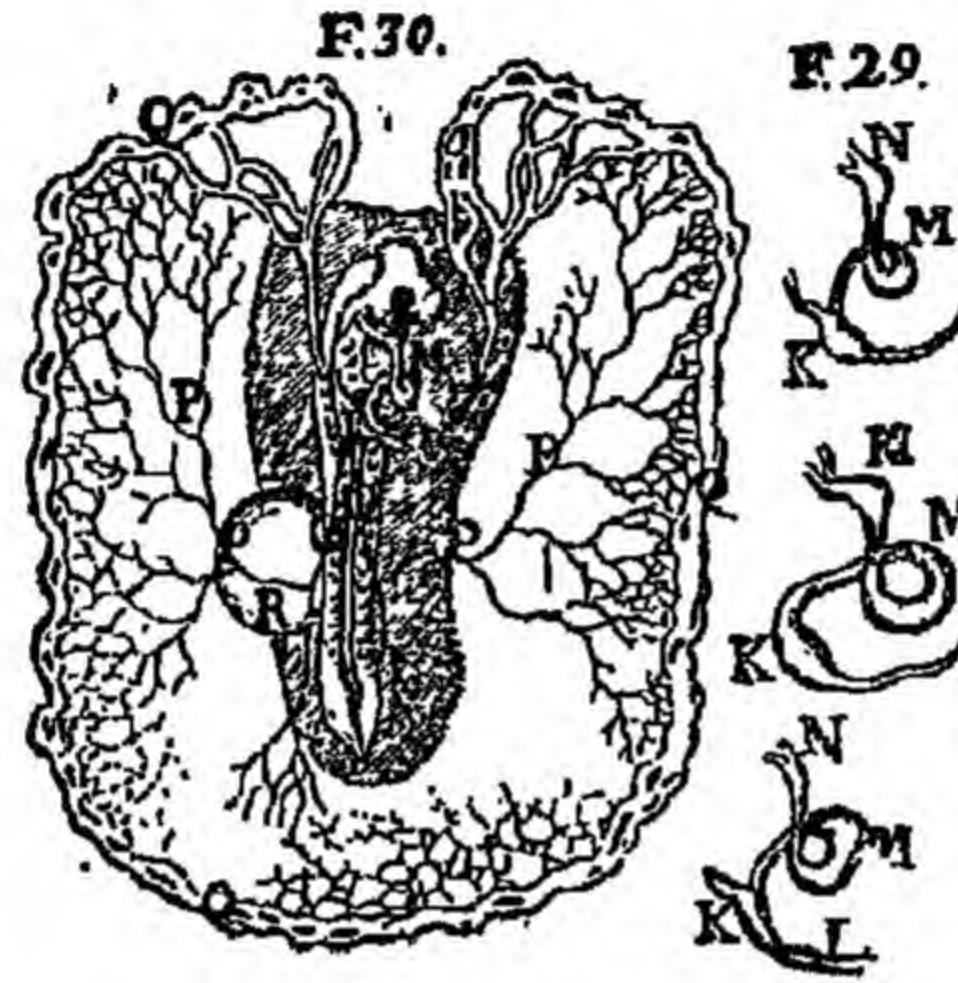
وكانت العدسات المحدبة معروفة من وقت طويل ، وكانت تستعمل  
من أزمان قديمة شريحة من كرة زجاجية كعدسة حارقة . وكان معروفا  
أن مثل تلك العدسات المسطحة وكذلك العدسات مكورة الوجهين من شأنها  
تجميع أشعة الشمس وتركيزها فى نقطة . وكانت هذه النقطة تدعى بؤرة  
العدسة . وأصبحت المسافة من هذه البؤرة الى العدسة تعرف باسم الطول  
البؤرى او البعد البؤرى للعدسة . واستخدمت القوة المكبرة للعدسة  
المحدبة كمعين على الرؤية على شكل نظارات منذ القرن الثالث عشر .  
ولكن سطوح تلك العدسات لم تكن مكورة الوجهين بدرجة متقنة . ولذلك  
كانت غير مناسبة لفحص الأشياء الدقيقة .

ومع ذلك فحوالى منتصف القرن السابع عشر كانت طرق صقل  
العدسات وجعلها ملساء قد تحسنت الى حد كبير ، وأصبح فى الامكان  
مشاهدة الأشياء الصغيرة وتفصيلها بسهولة خلالها . وكان مالبىفى  
يستخدم فى أبحاثه عدسة محدبة ذات بعد بؤرى قصير جدا . لقد



فحص رئة ضفدعة ، وبذلك كان أول من شاهد الدم يسرى خلال شبكة من الشعيرات التى ينتقل بواسطتها الدم من الشرايين الى الاوردة ، ويعود فى النهاية الى القلب . وعلى ذلك فان مشاهدته هذه أكملت آخر حلقة فى سلسلة اكتشافات هارفى .

وكان مجهر مالبىغى هو الذى مكنه من ملاحظة الأطوار المختلفة التى يمر فيها جنين النقف ( شكل ١٥ ) ، وفحص أجزاء الحشرات والتركيب الدقيق لبعض النباتات ، وأوضح ان الجلد يتكون من طبقات رقيقة ، كما كان أول من فحص التركيب التفصيلى للمخ ، والألياف العصبية .



( شكل ١٥ )

الصور التى رسمها مالبىغى لتطور جنين النقف ( الكتكوت قبل ان يلقح )

وأجريت دراسات هامة أخرى بواسطة أنتونى فان لبيونيهوك (١٦٥٢ - ١٧٢٣) (١) واستعمل مثله فى ذلك مثل مالبىغى عدسات مفردة ذات بؤرة قصير المدى ، واعتاد أن يصقل عدساته بنفسه . ولابد أنه كان يقوم بذلك بشكل جيد جدا ، اذ أن مدى مشاهداته مدى يدعو الى الدهشة ، وكان أول من رأى الكرات الدموية ورسمها . لقد وصف الدم بأنه مكون من دقائق متناهية فى الصغر تدعى كريات ، تلك الكريات ذات اللون الأحمر فى معظم الحيوانات وتسبح فى سائل يدعوها الأطباء مصلا ، وهذه الكريات هى التى تجعل حركة الدم ممكنة الرؤية . وحسب تقديره كانت المائة من هذه الكريات الصغيرة تعادل حين توضع جنبا لجنب قطر حبة رمل ، وعلى ذلك يعادل حجم حبة الرمل حجم كرية الدم مليون مرة (٢) وبملاحظة

(١) كان لبيونيهوك يشغل منصب ياور لحاكم ولاية دلفت . وقد استغرقت أبحاثه المهاجرة مدة خمسين عاما .

(٢) اذ أن حجم الكرة يساوى  $\frac{4}{3}\pi r^3$  أى حجم الكرية  $\frac{4}{3}\pi \times \frac{22}{7} \times \frac{4}{3}$  ( ٥٠ )



سيول الكريات المناسبة فى الأوعية الدموية الدقيقة استطاع لليونهوك أن يتأكد من وجود الدورة الدموية فى عرف ديك حى ، وفى آذان أرنب ، وفى جناح خفاش . وفى ذيل ثعبان سمك .

وبالاستعانة بمجهره لاحظ ليونهوك التكوين الدقيق لكثير من الأشياء الحية ، ففحص مثلا خنفساء الحنطة والدوديات التى تصيب الحبوب المخزونة ، ومكنه مجهره من أن يتكشف أطوار حياتها الأولى . وقد أعطى فى الحقيقة أوصاف يرقات كثيرة من أنواع الحشرات وبيض الدويدات . وكان المعتقد فى الوقت الذى ظهر فيه ليونهوك أن الحشرات والحشريات كانت تنشأ ذاتيا من المادة المتحللة مثل اللحم أو الجبن اللذين أصابهما العفن ، والحنطة المحفوظة فى المخازن . ولكن مشاهدات ليونهوك أقنعتة ان هذا لا يحدث ، وقد بلغت به الجرأة أن أكد أن توالد الحى من الميت أمر مستحيل . ومع ذلك فلم يعترف بهذا المبدأ اعترافا عاما الا بعد الوقت الذى عاش فيه بزمان طويل .

وقد لاحظ بعض العمال القدامى ما اسموه بالديدان الحية الدقيقة فى اللحم المتعفن والمواد الأخرى ، ولكننا نعرف من أوصافهم ان ما راوه لم يكن غير مجرد يرقات حشرية . ومع ذلك فيبدو أن ليونهوك قد رأى فعلا تلك الصور الدقيقة من الحياة النباتية التى نسميها الآن بكتريا . انه يصف ما يسميه الحيونات (١) فى الماء واللعب وطرير الأسنان . ويمكننا ان نستنتج من أوصافه ورسومه أنه فعلا رأى أنواعا معينة من البكتيريا . ومن المدهش أنه استطاع ان يفعل ذلك بالاستعانة بعدسة واحدة فقط . ومن الغريب انه على الرغم من ان دراساته حظيت باهتمام رجال العلم فى العالم ، الا انها لم تتابع الا بعد أكثر من مائة عام بعد وفاته .

وقد أجريت دراسات هامة بالمجهر بواسطة راصدانجليزى ذى مواهب متعددة الجوانب يدعى روبرت هوك ( ١٦٥٥ - ١٧٠٣ ) وقد جمع نتائج دراساته فى مؤلف مشهور يدعى الميكوغرافيا (٢) . ويتضمن كل فصل فحص بعض الأشياء الصغيرة - بذرة ، بن ابرة ، قطعة فلين ، خيط عنكبوت ، وهكذا . وكان هوك أول من لاحظ أن موادا كالفلين تتكون مثلها مثل اقراص العسل من صناديق متناهية فى الصغر أو خلايا كما نسميها الآن . وقد أثارت دراساته ما لبقي ، وليونهوك ، وهوك اهتماما عظيما كما فعلت دراساته جاليليو قبل ذلك بخمسين عاما تقريبا . وقد أظهرت العدسة فى كلتا الحالتين للناس موادا جديدة ، فقد اكتشف جاليليو

(١) المترجم

(٢) المترجم

(١) مصغر حيوانات

(٢) الكائنات الدقيقة



الأقطار الشاسعة التى تقع فيما وراء هذه الأرض أما مستخدمو المجهر الأول فقد فتحوا ميدانا جديدا ، ميدان الأشياء الصغيرة . وقد جعلت الأبحاث التى تمت بعد ذلك من المجهر آلة أكثر قوة بدرجة بعيدة المدى . وحينئذ تمكن الناس من أن يعلموا الدور العظيم الذى تلعبه تلك الأشياء الدقيقة فى الحياة البشرية .

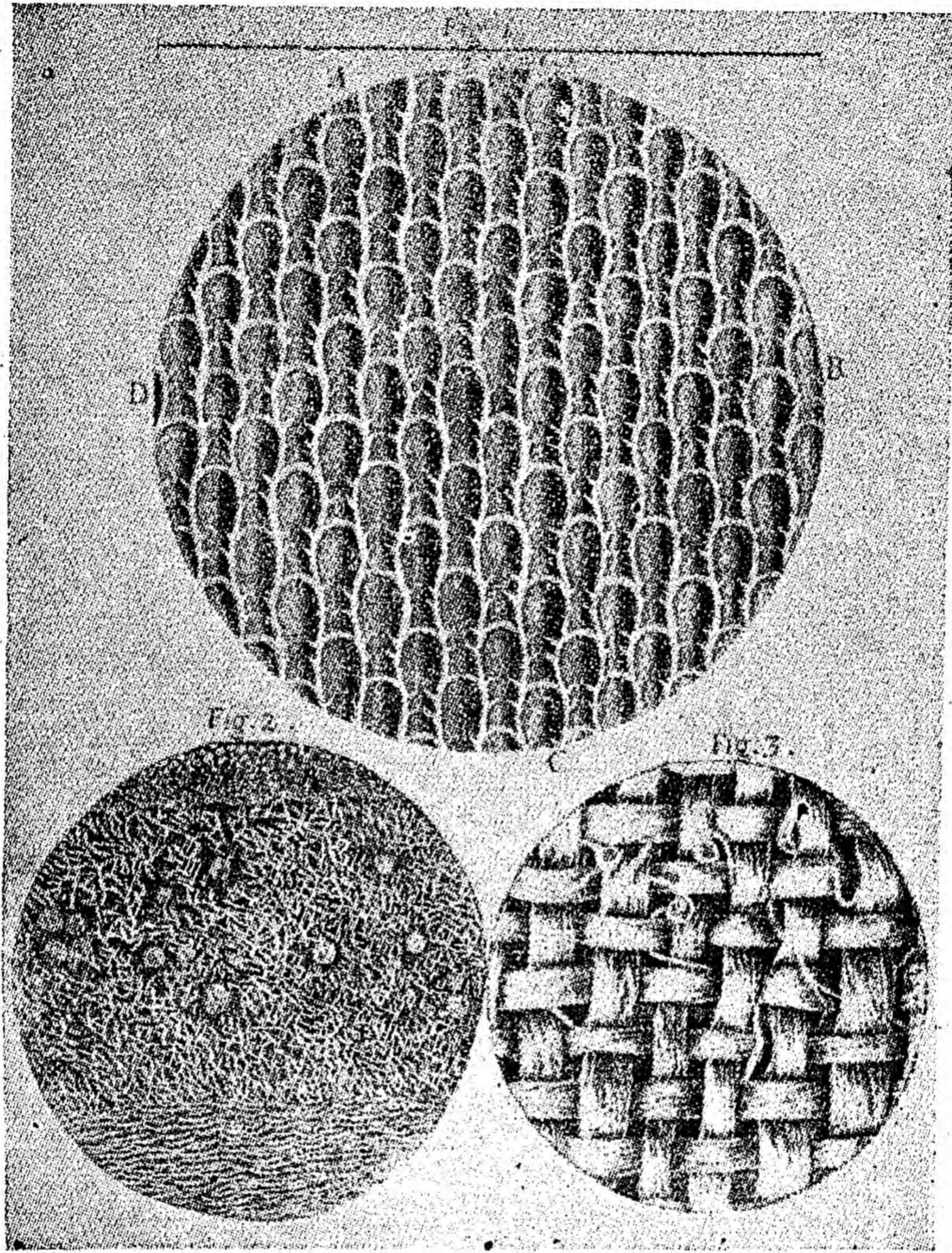
#### ٤ - فيزياء الفلاف الجوى

اننا ننتقل الآن لميدان مختلف جدا من ميادين النشاط حيث انتزعت اسراراً جديدة من الطبيعة بمجرد أن بدأ الناس يسلكون ميدان التجريب ، بدلا من تقبلهم آراء الماضى واعتبارها سنداً يرجعون اليها . ويلم كل انسان الآن بأن للهواء وزنا وضغطا . ولكن هذه الحقائق لم تكن قد اكتشفت فى اول القرن السابع عشر . وكان الناس مازالوا متأثرين بأرسطو الذى علمهم ان الطبيعة تكره الفراغ ، وان الهواء له خاصية الخفة الطبيعية بدلا من خاصية الثقل .

وعلى الرغم من أن هذه الآراء سادت قرونا فانها لم تمنع الناس من استعمال الأجهزة الميكانيكية التى تعتمد بالفعل على ضغط الهواء . ومن أمثلة تلك الأجهزة المضخة الماصة الكابسة البسيطة التى مازالت تستعمل الى اليوم فى رفع الماء من الآبار . وقد لوحظ أنه لا يمكن رفع الماء من بئر شديد العمق الى القمة الا الى ارتفاع يبلغ حوالى ثلاثة وثلاثين قدما فقط . . . وقد بدأ أن هذا وضع حدامقت الطبيعة للفراغ . وأدت أبحاث تورشيللى ( ١٦٠٨ - ١٦٤٧ ) الفيلسوف الايطالى الخاصة بهذه المشكلة الى اختراع البارومتر .

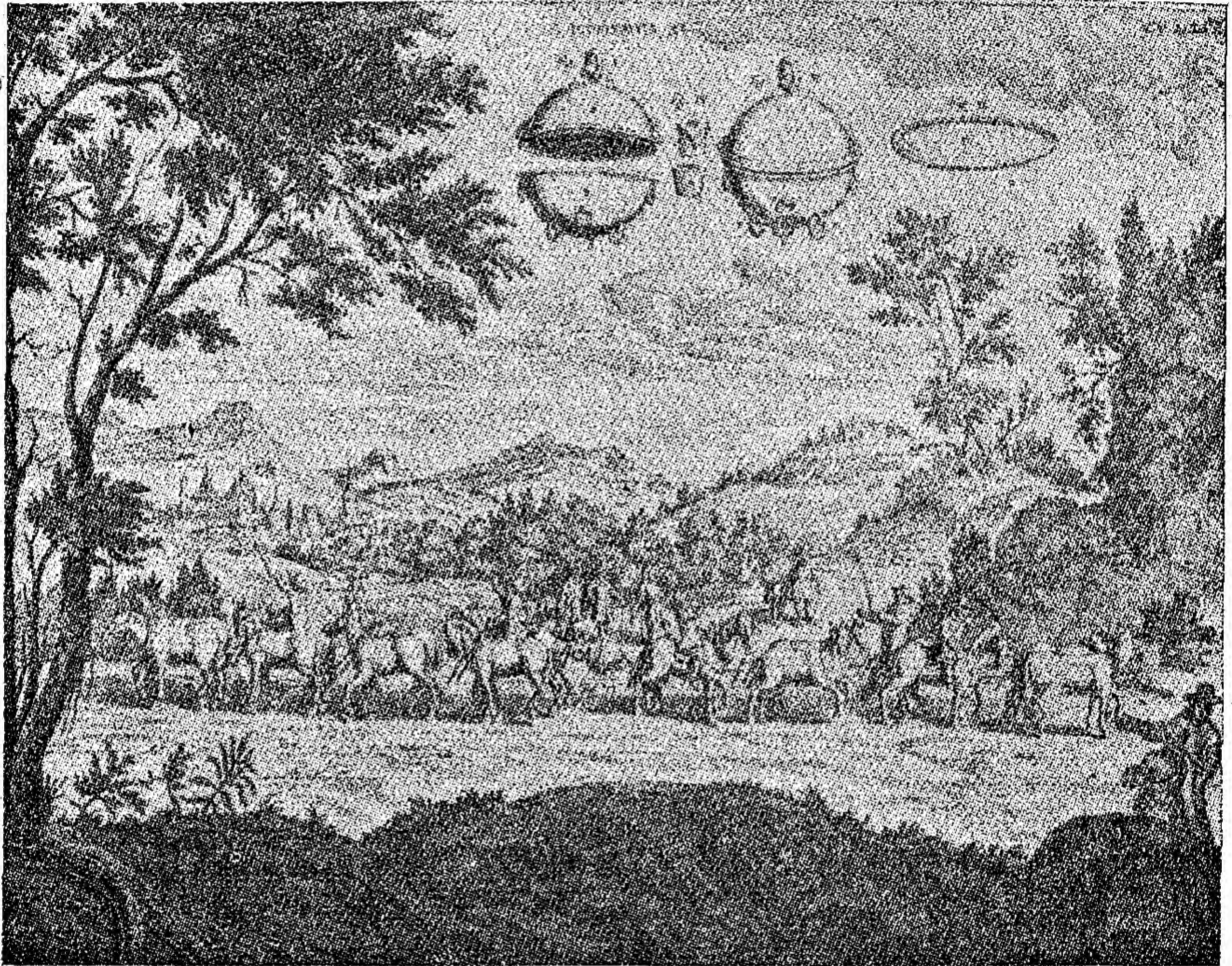
ادراك تورشيللى أنه من الممكن رفع الماء حوالى ثلاثة وثلاثين قدما فى مضخة ماصة كابسة ، وأنه ليس من غير المناسب اطلاقا استخدام أنابيب بهذا الطول لذلك قرر اجراء تجاربه باستعمال الزئبق الذى تعادل كثافته كثافة الماء ثلاث عشرة مرة تقريبا . وكان فى استطاعته بذلك استخدام أنابيب يبلغ طولها واحدا على ثلاثة عشر من هذا الطول فى تجاربه . أخذ أنبوبة زجاجية طولها أربعة أقدام تقريبا ، وأغلق احدى نهايتيها ، ثم مألها زئبقا ، ووضع اصبعه فوق نهايتها المفتوحة وتكسها فى حوض من زئبق ، ثم سحب اصبعه حينما أصبحت النهاية المفتوحة منغمسة انغماسا تاما تحت سطح الزئبق . لاحظ انسياب بعض الزئبق من الأنبوبة ، وبقي عمود من الزئبق بلغ ارتفاعه ثلاثين بوصة تقريبا ( شكل ١٦ ) واستنتج أن هناك فراغا فوق الزئبق ، وهو ما نسميه الآن : فراغ تورشيللى . . . وأدرك أن عمود الزئبق ظل مرتفعا الى أعلى بسبب ضغط الهواء ، وأن التغيرات





أشكال رسمها هوك لكائن حي كاس عشبيا بحريا وورقة زمار ، وقطعة قماش تحت المجهر

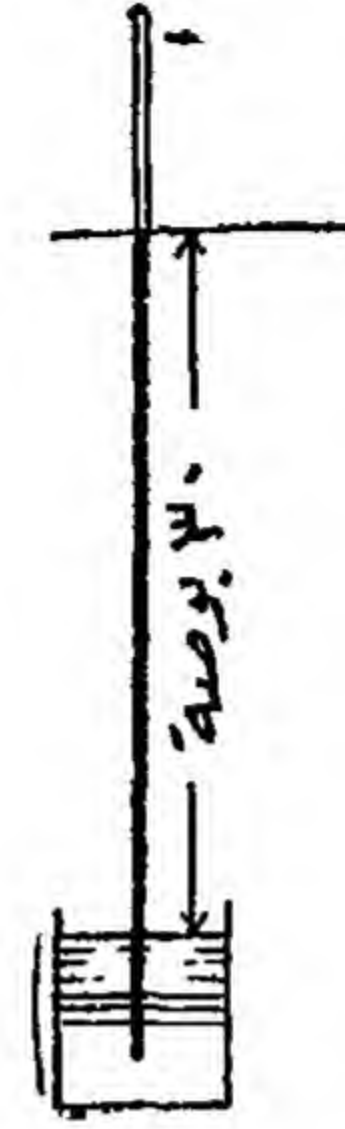




صورة توضيحية لنصفي كرة ماجديبيرج . أتوفون جي.ك. يوضح تجربته أمام الامبراطور  
فيردند الثالث في ريجنسبيرج عام ١٦٥٤.



التي تحدث في هذا العمود تدل على تغيرات في الضغط . وكان جهازه هذا هو في الحقيقة أول بارومتر وجد .



( شكل ١٦ )  
تجربة توشيلي

أما الخطوة التالية فقد اتخذها عالم الرياضيات والفيلسوف الفرنسي باسكال ( ١٦٢٣ - ١٦٦٢ ) الذي قام بتجربة مماثلة في مستويات مختلفة من الغلاف الجوي . لقد أجرى أول الأمر تجربة على قمة برج من أبراج الكنيسة ، ولكنه لم يلاحظ إلا اختلافا طفيفا في ارتفاع الزئبق ، وبعد ذلك اختار جبلا لاجراء تجاربه بدلا من برج الكنيسة . لقد نجحت التجربة هذه المرة ، إذ كان ارتفاع عمود الزئبق عند القمة أقل بكثير من ارتفاعه عند قاعدة الجبل . ونتيجة لذلك أثبت باسكال أن الضغط الجوي يقل كلما ارتفعنا الى أعلى .

وفي أثناء ذلك كانت هناك تجارب تجرى في ألمانيا بواسطة أوتو فون جيريك ( ١٦٠٢ - ١٦٨٦ ) . وقد أثارت تجاربه اهتماما واسعا واعتبرت كمعجزات . صنع جيريك أول مضخة هواء مجدية ، تتكون من مكبس ومستقبلة . وبمساعدها استنفذ أكبر ما يمكن من الهواء من نصفى كرة معدنيين قطرهما قدمين تقريبا ألصقهما ببعضهما البعض ليكونا كرة تامة . وقد التصق نصفا الكرة المعدنيان سويا التصاقا تاما بواسطة الضغط الجوى لدرجة أنه لم يكن فى الاستطاعة فصلهما عن بعضهما البعض حتى حينما ربطت أربعة أزواج من الجياد فى نصفى الكرة هذين واندفعت فى اتجاهين متضادتين . وبهذه الطريقة الدرامية أثبت جيريك الضغط الجوى فى ريجنسبيرج سنة ١٦٥٤ أمام الامبراطور والحشود المجتمعة ( لوحة ١٠ )

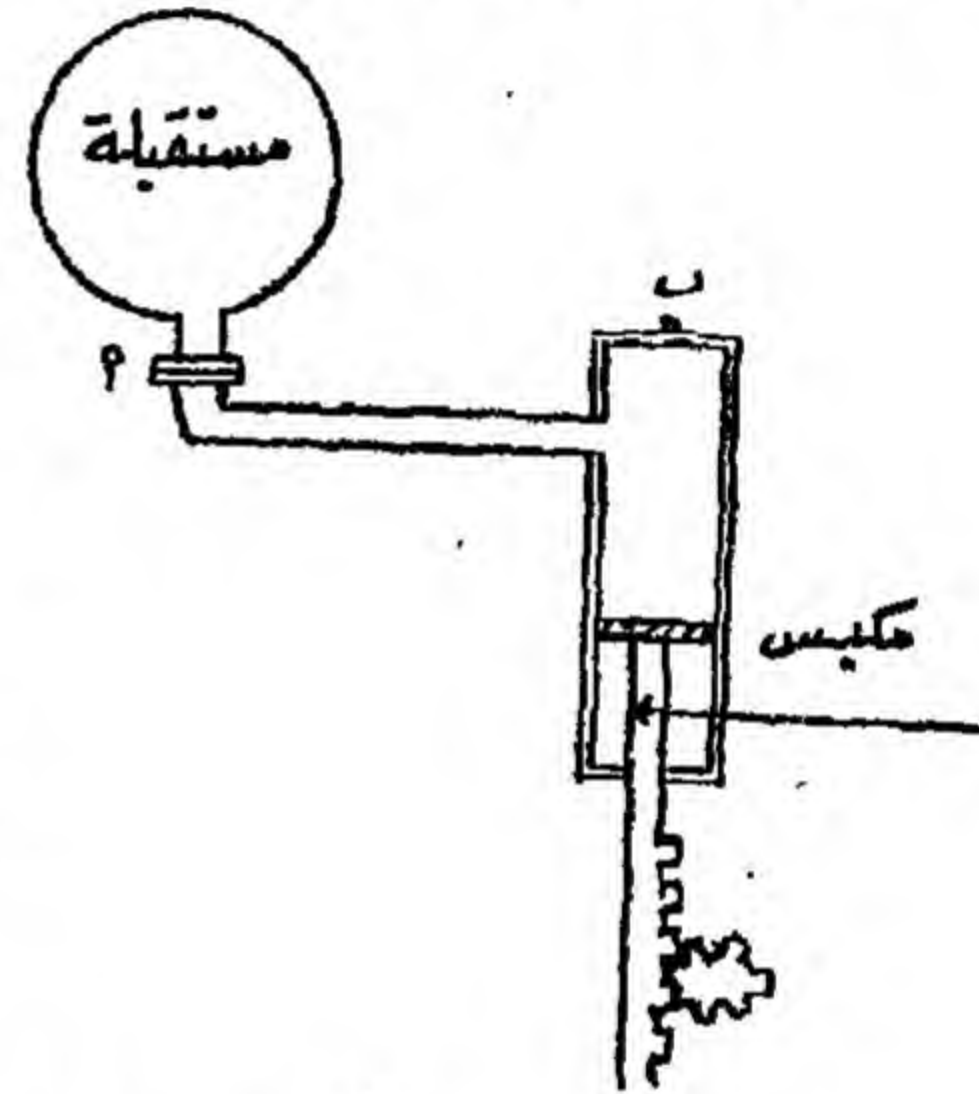
وأجريت الأبحاث الهامة التالية فيما يختص بالغلاف الجوى بواسطة روبرت بويل ( ١٦٢٧ - ١٦٩١ ) . لقد ولد بويل فى إيرلنده وتعلم فى



أكسفورد ولندن واشتغل هناك . وهو شخصية فاضلة من شخصيات القرن السابع عشر ، ويعود الفضل اليه في دراسات هامة . لقد سمع عن النتائج التي وصل اليها جيريك ، و صنع بمعاونة هوك الذي كان في ذلك الوقت مساعده في أكسفورد مضخمة هوائية بعد أن أدخل تحسببات عليها ( شكل ١٧ ) وبهذه المضخة أظهر بويل بوضوح أن للهواء وزنا . ونتيجة لذلك فهو شيء مادي . وقد استعمل مضخته في اجراء تجارب على صغار الحشرات ، وهكذا بين أن الهواء ضرورى لوجود الحياة . واستطاع بويل بادخاله أنبوبة بارومتر في مستقبله أن يبين مقدار التفريغ الذي أحدثته مضخته ، وذلك بقياسه ارتفاع عمود الزئبق . وبذلك قدم دليلا آخر ضد المعتقدات القديمة أن الطبيعة تمقت الفراغ ، وأن الهواء لا وزن له .

( شكل ١٧ )

أحد أنواع مضخات الهواء التي استعملها بويل . كان يفتح أولا صنوبراً ويفلق غطاء الفتحة ب ، ثم يحرك المكبس الى أسفل بواسطة تحريك مقبض ، فيدخل الاسطوانة هواء قادم من المستقبل . وبعد ذلك يفاق الصنوبر ويفتح الغطاء ويحرك المكبس الى أعلى فيندفع الهواء خارجا من الفتحة ب . وتكرر هذه العمليات عدة مرات يزداد استنفاد الهواء من المستقبل باطراد .



ومع ذلك فقد استمسك البعض بالآراء القديمة ، اذ أكد أحد ناقدى بويل أن ضغط الهواء ليس في استطاعته رفع عمود الزئبق الى علو ثلاثين بوصة . ولكن ارتفاع الزئبق انما تم بواسطة خيوط غير منظورة يمكن أن يحسها المرء بأصبعه . وقد أدى دفاع بويل عن نظرياته ضد تلك الاعتراضات الخاوية الى أبحاث أخرى متعلقة بالهواء . وجد أنه حينما يتضاعف الضغط الواقع على كمية معينة من الهواء فان حجمه ينخفض الى النصف ، وحينما يتضاعف ثلاث مرات فان حجمه ينخفض الى الثلث ، وهكذا . لقد وجد أن الحجم والضغط يتناسبان تناسباً عكسياً في درجة الحرارة الثابتة .

وهذه النتيجة الهامة المعروفة بقانون بويل يعرفها كل تلميذ وتلميذة في بدء دراستهما المبادئ العلمية .

وفي امكاننا أن ندرك الدهشة التي استولت على الناس عندما علموا أن الهواء الذي نتحرك خلاله بسهولة تامة ، والذي تسبح خلاله الطيور



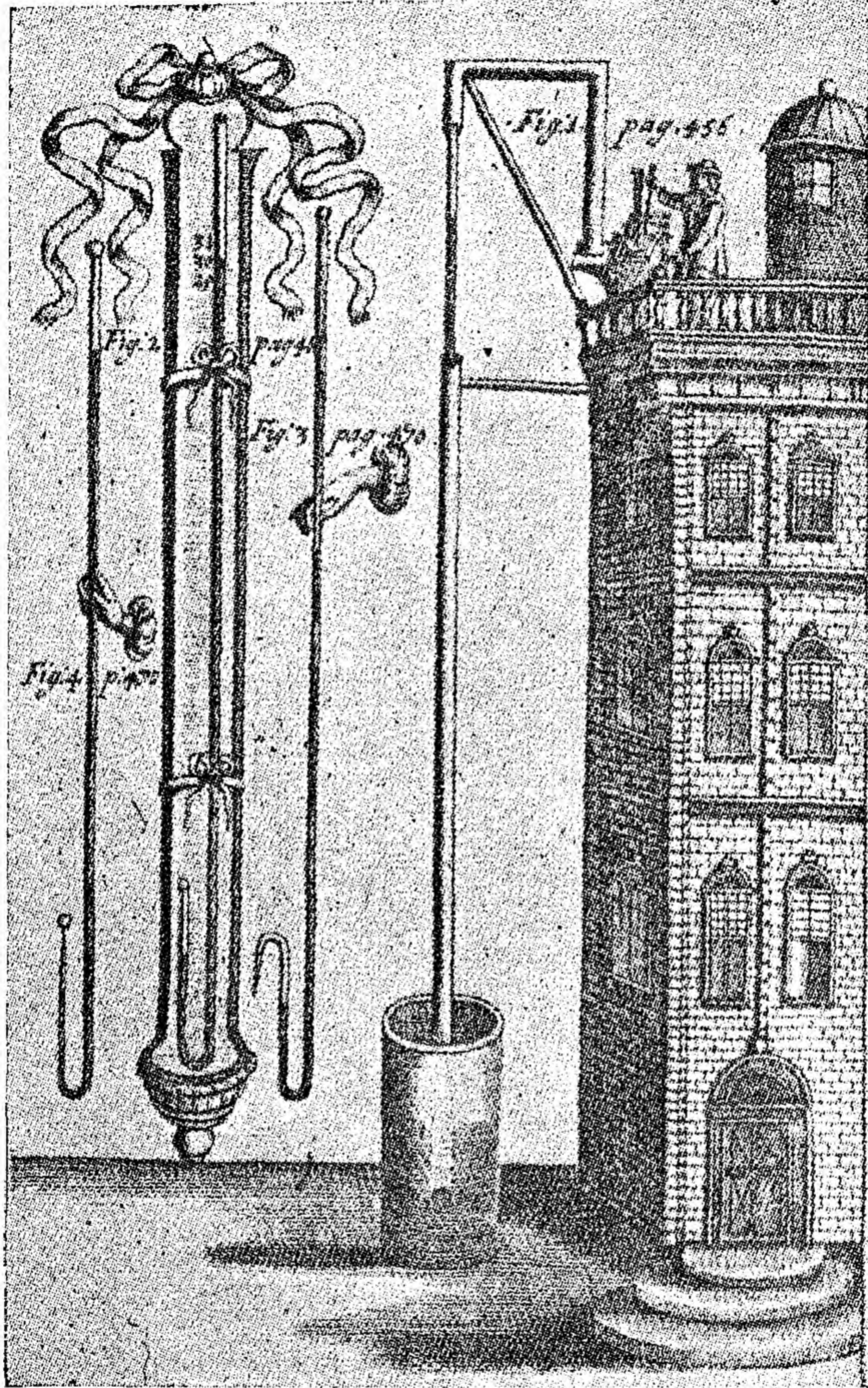
بسرعة ، يمكن أن تكون له مثل تلك القوة التى يبلغ ضغطها الكلى على الجسم البشرى خمسة عشر طنا . ومع ذلك فإن الطرق التى كان يسلكها رجال العلم لم يفهمها الباحثون فى ميادين أخرى ، فقد دون بيبس مثلاً فى مفكرته اليومية فى يوم أول فبراير ١٦٦٣ كيف أن الناس اعتادوا أن يسخروا بدرجة كبيرة من الفلاسفة لأضاعة وقتهم فى وزن الهواء ولكن الفلاسفة كانوا يقضون وقتهم فيما هو مفيد . وكانت النتائج التى حققوها أساس دراسة الغازات التى جعلت من الممكن اختراع القاطرة البخارية ، والتى دفعت بالناس قدماً فى طريق كثير من الاستقصاءات الجديدة .

### ٥ - مبادئ الكيمياء القائمة على أساس علمى

لقد رأينا كيف أوحى الأهداف التى كان يرمى إليها الكيميائيون القدماء ببعض الاستقصاء التجريبي عن تركيب المواد . وفى القرن السادس عشر وأوائل السابع عشر صرف كثير من الكيميائيين نظرهم عن محاولتهم تغيير المعادن العادية إلى ذهب ، وأنفقوا وقتهم فى تركيب الأدوية وتحضير عدد من المواد الجديدة التى ظنوا أن لها قيمة طبية . وكان من الضرورى تكرار المحاولات . وكانت النتائج فى الغالب نتائج فادحة الأثر إذ كانت تعطى سموم خطيرة لمرضى سليمى البنية . وعلى الرغم من أن هناك كيميائيين من أوائل القرن السابع عشر قاموا بعمل تجريبى أكيد بعزلهم الغازات وقيامهم بقياسات محددة ، فإن الغالبية كانت تعمل خبط عشواء بلا نظريات ثابتة خالية من التناقض تهديهم السبيل . وقبل هذا الوقت كانت نظرية الكبريت والزئبق القديمة قد اتخذت صيغاً جديدة . لقد أصبح الناس يتحدثون عن المكونات الأساسية الثلاثة : الزئبق ( النفس ) ، والكبريت ( الروح ) والملح ( الجسد ) . وكانت مثل تلك الآراء سبباً فى المزيد من الارتباك ، إذ كان المفروض أن هناك أنواعاً عديدة من الزئبق والملح ومعدن الكبريت . ويختلف معدن كبريت الحديد عن معدن كبريت الرصاص أو الخشب . وكانت الألفاظ فى الحقيقة تحمل معاني عديدة مختلفة : فكان لفظ الزئبق يطلق على المعدن البراق والمألوف ، وعلى العناصر المفروض أنها تكون المعادن جميعها ، وعلى مبدأ الميوعة أيضاً . وفى مثل تلك الظروف لم يكن الكيميائيون فى الحقيقة يدرون عما يتحدثون .

وكانت أول خطوة نحو تنظيم تلك الآراء المشوشة هى تحديد معنى بعض عبارات معينة والالتزام بهذا التحديد . والخطوة التالية هى تنظيم دراسة للخواص قائمة بأجمعها على أساس سليم من التجربة . وقد اتخذت كلتا هاتان الخطوتان بواسطة روبرت بويل . وكان عنوان كتابه





تجارب بويل بالبارومتر  
على اليسار بارومترات من النوع ذى السحاحات ، والأوسط منها محمل على منبئة  
طقسية . وعلى اليمين تصوير تجربة بويل فى رفع الماء بواسطة المص . ويدير مساعد  
على السقف احدى مضخات بويل الهوائية





صفحة عنوان الطبعة اللاتينية لكتاب بويل « الكيمائي المرتاب » عام ١٦٦٨  
تُمثل الأداة كمال الصغيرة في كلا الجانبين العناصر الأولى القديمة التراب والهواء والنار والماء  
والنسر ذو الرأسين في مجموعة الأشكال العليا للصفحة رمز عام لاستعمله الكيمائيون  
القدامى لتمثيل أكسير الحياة . والشمس والقمر هما الرمزان العامان للذات استعمالهما  
الكيمائيون القدامى للذهب والفضة .



العظيم عن الكيمياء المطبوع فى لندن ١٩٦١ : الكيمائى المرتاب ، أو الشكوك والمتناقضات الكيميائية الفيزيائية المتعلقة بالتجارب التى اعتاد الكيميائيون القدامى القليلو العلم أن يحاولوا اثبات أن ملحهم وكبريتهم وزئبقهم هى المكونات الأساسية الحقيقية لجميع الأشياء (لوحة ١٢) . وقد بين بويل فى مؤلفه كيف تنهاوى حجج الكيمائيين القدامى حينما تفحص فى ضوء التجربة والادراك السليم . وبعد أن هدم بويل الحجج القديمة عن العناصر الأربعة والمكونات الأساسية الثلاثة أعطى مفهوما واضحا للعنصر ، وبذلك وضع أسس علم الكيمياء الحديث .

وصاغ مؤلفه العظيم على هيئة أحاديث جرت على لسان شخصين : أحدهما يعتنق العقائد المشوشة لأنصار أرسطو كما بوضحها الكيميائيون القدامى ، والآخر ألا وهو الكيمائى المرتاب يشك وينتقد مبينا عدم صحة الحجج التى يدلى بها الأول ، معبرا عن آراء بويل نفسه .

وبين بويل أن كثيرا من البراهين المزعومة التى تدل على أن المسواد تتكون من العناصر الأربعة : التراب والهواء والنار والماء ليست براهين اطلاقا بل مجرد ايضاحات خاطئة . وعلى ذلك فقد اعتاد الناس أن يقولوا أن احتراق قطعة من خشب أخضر يبين أنها تتكون من العناصر الأربعة (١) النار التى تظهر على شكل لهب (٢) الماء الذى يغلى ويحدث حفيفا فى أطراف الخشب المحترق (٣) الهواء الذى يرى كدخان يرتفع الى قمة المدخنة (٤) التراب الذى يتخاف على هيئة رماد . وبعد ذلك تساءل بويل : أهناك دليل على وجود النار والتراب والهواء والماء فى الخشب قبل احتراقه ، وأى حق يخول لنا أن نزعم أن تلك العناصر هى بالفعل أبسط من الخشب ذاته ؟

ثم يتساءل بويل اذا كان لدى الكيمائيين أى دليل حقيقى للزعم بأن النار هى الأداة الصحيحة العالمية لتحليل الأجسام المركبة ، ويصف بعد ذلك تجارب تدل بوضوح على أن المنتجات التى نحصل عليها بتسخين الخشب فى اناء مقفل تختلف اختلافا بينا عن المنتجات التى نحصل عليها من تسخينه فى نار مكشوفة . ويقول لقد كان ينبغى على الكيمائيين أن يعلنوا بوضوح وتحديد أكثر أية درجة من درجات حرارة النار ، وأية طريقة من طرق استعمالها تمكنا من أن نحكم أن انقسامها ما أحدثته النار انما هو تحليل حقيقى .

ويشير بويل الى المكونات الأساسية الثلاثة المزعومة التى افترضها الكيميائيون القدامى بقوله : أنه من المستحيل تقريبا لأى شخص متزن أن يدرك معناها ، كما هو مستحيل عليهم أن يهتدوا الى أكسيرهم . ثم



تحداهم بأن يبينوا كيف يمكن استخلاص المكونات الأساسية المزعومة :  
الكبريت والملح والزئبق من الذهب حتى ولو سخن الذهب لدرجة حرارة  
عالية . ويصف كيف أن هذا ليس هو الحال مع الذهب فقط ، بل أن  
كثيرا من المعادن لا تغيرها النار اطلاقا ، ويظل وزنها وهيئتها بعد التسخين  
هو نفس وزنها وهيئتها قبل التسخين . ويرينا بويل أيضا كيف أنه  
فى الحالات التى من المؤكد أن يحدث التسخين فيها تغيرات واضحة  
فى مادة من المواد كيف أن الناتج عن هذا يكون غالبا ذا طبيعة مركبة ،  
ولذلك فمن الغباوة أن نفترض أن النار هى المحلل العام للأجسام المركبة .

ولم يبين لنا بويل فقط كيف يقاوم الذهب فعل النار ، بل قدم  
أيضا براهين مقنعة للقول بأنه عنصر . لقد بين مثلا كيف يمكن تكوين  
سبائك منه بالاتحاد مع النحاس أو الفضة أو القصدير أو الرصاص ،  
وكيف يمكن اذابته فى الماء الملكى (١) . ويمكن استعادته بعد أمثال تلك  
التغيرات فى حالته النقية مرة أخرى . وعلى ذلك فقد أدى به هذا  
الى ادراك مفهوم العنصر على أنه مادة نقية لا يمكن تحليلها الى أبسط  
منها . ويقول : اننى أعنى بالعناصر مواد معينة موجودة على حالتها  
الأولى ، ومكونة من مادة واحدة وغير مختلطة اطلاقا . ولكونها غير مكونة  
من أجسام أخرى أو من بعضها البعض تتكون من أجزائها المكونة لها  
جميع تلك المواد التى نسميها موادا مختلطة بدرجة تامة . ويضيف بويل  
قائلا : انه لا مبرر لتحديد عدد العناصر بأربعة أو حتى خمسة أو ستة  
أو أى عدد أكبر . ويقول متواضعا : انه قد يقوم باحثون أكثر مهارة منه  
بتجارب قد تؤدى بهم الى كشف طرق لتحليل الأجسام المركبة الى  
عناصرها الأولية ، وحتى الى تحليل المواد التى تبدو له أنها عناصر .  
ولذلك فليس هناك شئ قطعى فى تعريف بويل للعناصر . ان القطع بأن  
مادة معطاة هى عنصر أم لا يقوم طبقا لرايه على أساس تجربى ، ولذلك  
فرايه بخصوص العنصر هو فى جوهره نفس رأى الكيميائيين فى الوقت  
الحاضر .

وفى اثنين من مؤلفات بويل الأخيرة - تجارب جديدة عن العلاقة  
بين اللهب والهواء ( ١٦٧٢ ) والشكوك التى تحوم حول الصفات الخفية  
فى الهواء ( ١٦٧٤ ) - يرينا انه كان يعلم صراحة أن الهواء مزيج مركب  
من عدة مواد ، وأن كلا من التنفس والاحتراق يتوقف على وجود مادة  
معينة تستهلك فى كل من العمليتين . ويثبت أيضا وجود خصائص

---

( ١ ) حمض النيتريك والهيدوكلوريك وهو يذيب الذهب والبلاتين . ( المترجم )



طبيعية معينة للهواء والآثار التي تحدثها الحرارة على المواد المختلفة .  
وتتميز بيانات بويل كلها فى هذه المؤلفات كما فى غيرها بالحذر والتحفظ .  
وربما كانت أكبر خدمة أداها للكيمياء هى اصراره أن عالم الطبيعة ليس  
بسيطا ولكنه معقد بدرجة ساحقة . وأوضح أنه من الواجب علينا فى  
دراسة الطبيعة أن نحذر الطريق السهل ، ونستعد للشك ولإعادة  
الاختبار عن طريق التجربة لكل ما نعتقد أنه صحيح . ويتسم أمجد ما تم  
من أعمال القرن السابع عشر بهذه الروح ، التى كانت أحد العوامل التى  
أدت الى الانجازات الفذة لتلك المدة .

## ٦ - فرانسيس بيكون والكشف العلمى

أن طريقة التجريب التى رأيناها تميز عمل كل من جليبرت وهارفى  
وبويل وضحها فرانسيس بيكون ( ١٥٦١ - ١٦٢٦ ) توضيحا أفاد  
العالم كله .

لقد وضع طريقة كاملة للبحث العلمى . ومن رأيه أن حدة الذكاء  
وقوته ليست ضرورية للبحث عن الحقيقة . إذ كل ما على الطالب أن  
يفعله هو أن يتبع الطريقة . ويخبرنا بيكون أنه ان فعل ذلك فإنه سيصادف  
نجاحا ، مثله فى ذلك مثل رسام غير متمرن يمكنه رسم خط مستقيم  
أن تزود بمسطرة جيدة . ويجب على الطالب أن يبدأ بذهن مفتوح ، ثم  
يأخذ فى تجميع الحقائق ، والأمثلة المعروفة كلها ، كمجرد سرد دون  
أى تأمل سابق لأوانه .

أمن المستطاع الآن تجميع الحقائق دون تدبر سابق ؟ ان كل قارئ  
للقصص البوليسية يعرف جيدا كيف يلزم ربط الأفكار المسلسلة  
بعضها ببعض بتخمينات أو فروض ، وكيف أن فرضا من فروض كتاب  
القصص البوليسية قد يؤدى الى نظرية تامة والى اكتشاف مزيد من  
الحقائق ، والى توضيح الغموض التام توضيحا كاملا . اذن فما العلم  
الا دراسة منظمة للطبيعة . ومع ذلك فكلما كشف لغز من الغاز الطبيعة  
كلما ظهر هناك لغز آخر ، وليس هناك من سبب لافتراض أنه سيحين  
الوقت الذى سترك فيه رجل العلم دون أن يجد أمامه الغازا يلزمه  
حلها .

وقد نسى بيكون فى توكيده لأهمية تجميع الحقائق ، والحقائق  
فحسب أن الخيال يلعب دوره فى إيجاد الفروض ، وأن الكشف العلمى  
يستلزم فى حقيقة الأمر قدرة على الفصل فى الأمور ، وان اختصار  
الحقائق المشاهدة يتوقف على مقدار ما يعلمه المشاهد بالفعل . ونتيجة



لذلك فان عبارة « الحقائق كلها » عبارة لا معنى لها اذا أمعنا النظر فى الأمر . وشيئا آخر هو أن يكون جعل الكشف العلمى أمرا هينا بدرجة كبيرة . ولكن ما أوضحه ليس بطريقة الكشف اطلاقا ، ولكنه ايضا يقوم به مشاهد ما بعد أن يكون العمل الشاق قد انتهى . وانه لمن السهولة بمكان لبيكون أو لآى فرد آخر أن يبين خطوات قضية استدلالية ويظن كيف أن حقيقة تتولد من أخرى . ان الصعوبة انما هى انعدام الفكر بادىء الأمر .

وقد أعطت شهرة ببيكون كرجل . من رجال الأدب قوة لكلماته . وكان تأكيده لأهمية التجريب أمرا مفيدا . ومع ذلك فيجب أن نتذكر انه ليست هناك قواعد للبحث العلمى ، وأن القرار الفاصل الذى يؤدى الى اختيار الحقائق المشاهدة يمكن اتخاذه فقط بواسطة عقل هو بالفعل على بصيرة تامة بميدان الحقائق التى تمت الى الموضوع بصلة . وأن كشفا يبدو لنا انه صدفة سعيدة انما يخطر فقط بذهن معد من قبل بواسطة المعرفة والنظام للتعرف على أهمية الأمور غير المتوقعة . ولقد قيل أن الصدف تحدث فقط لأولئك الذين يستحقونها . وهذا ما سوف نراه كلما واصلنا سرد قصتنا .

## ٧ - الأكاديميات العلمية

ولساندة التقدم العلمى اقترح ببيكون أن الواجب يحتم اقامة قصور للاختراع تقوم فيها أعداد من العلماء بأبحاثهم طبقا للقواعد التى استنها . ومن الواجب أن يقوم بمهام معينة كيلا لا يكون هناك تشابك ما . ويجب أن تنسق النتائج بحيث يؤدى هذا بسرعة الى عدم وجود شىء جديد فى حاجة الى الكشف .

ويبدو مثل هذا الاقتراح لأذاننا اليوم أمرا سخيفا . ولكنه ينطوى تحت تلك المبالغة نصيحة قيمة لرجال العلم ليتعاونوا . والدليل على أن تعاليم ببيكون وصلت الى غالبية العالم بسرعة هو طوفان الكتب التى صدرت فى منتصف القرن السابع عشر التى تعالج تقدم العلم . وقد



وضعت خطط كثيرة لإنشاء كليات وأكاديميات طبقا لآراء بيكون . وحتى ميلتون كتب عن ضرورة وجود أكاديمية كبيرة لنشر العلم على نطاق واسع للجميع . ولكن هذه الخطط كان لابد من اغفالها أثناء الحرب الأهلية . ومع ذلك ففي أثناء ذلك الوقت ، وقت الشغب واراقة الدماء ، أخذت جماعات من الناس الذين ربط بينهم حب مشترك للعلم يعقدون اجتماعات لمناقشة المسائل الفلسفية . وبهذه الطريقة كونوا نواة الجمعية الملكية .

وتوجد قصة نشأة الجمعية الملكية والمناقشات غير الرسمية الأولى مدونة في مقال كتبه أحد الزملاء المؤسسين للجمعية اذ يقول :

« أظن ان مكان نشأتها وتأسيسها كان في لندن حوالي عام ١٦٤٣ ( ان لم يكن قبل ذلك ) حينما كنت وآخرين نجتمع أسبوعيا . . حيث حرمانا ( تجنبنا للانحراف الى محادثات أخرى ولبعض أسباب أخرى ) كل المحادثات اللاهوتية والمحادثات الخاصة بأمور الدولة ، والأخبار ( غير ما يخص عملنا الفلسفي ) قاصرين أنفسنا على الأبحاث الفلسفية والأمور التي لها صلة بذلك مثل الفيزياء والتشريح والهندسة والفلك والملاحة والميكانيكا والتجارب الطبيعية . لقد تباحثنا هناك في الدورة الدموية ، وصمامات الأوردة ، والنظرية الكوبرنيكية ، وطبيعة المذنبات ، والنجوم الجديدة . . وادخال تحسينات على التلسكوبات وصقل العدسات لهذا الغرض ، ووزن الهواء ، وامكانية أو عدم امكانية وجود الفراغات ، ومقت الطبيعة لهذه الفراغات ، وتجربة تور شيلي التي أجراها على الزئبق ، وهبوط الأجسام الثقيلة ودرجات العجلة فيها ، مع أمور أخرى مماثلة . وبعض هذه كانت في ذلك الوقت مجرد اكتشافات جديدة وبعضها لم تكن معروفة بشكل عام ومسلم بها كما هي الآن .

وكانت الاجتماعات تعقد بادیء الأمر في منزل في تشيبسايد . والتحق روبرت بويل بالنادي بعد سنة من تأسيسه كأصغر عضو فيه . ولكن الكلية الفلسفية أو الكلية الخفية كما كان يسميها بويل سرعان ما اضطرت أن تفقد بعضا من أعضائها البارزين جدا ، اذ كان من أوائل التشريعات البرلمانية في الأيام الأولى للكومنولث تشريع يقضي بتطهير الجامعات . وقد أقيل بعض العمداء وعين بدلا منهم رجال يطمأن اليهم أكثر . وبهذه الطريقة كان على الكثيرين أن يتركوا أكسفورد ويرحلوا



الى لندن . وعلاوة على ذلك فبالنسبة لترقية أحد الأعضاء البارزين ليكون عميدا لكلية وادهام نشأ في اكسفورد فرع جديد للسلكية الخفية . وسرعان ما بدا كريستوفر رين ( ١٦٣٢ - ١٧٢٣ ) وهو رجل من رجال العلم ومهندس كنيسة سانت بول المعماري يحضر الاجتماعات . وحينما صار رين استاذ الفلك في كلية جريشام في لندن ، اعتاد الأعضاء أن يسافروا من اكسفورد ليستمعوا لمحاضراته الأسبوعية . وظلت فروع لندن ، واكسفورد قائمة حتى عودة الملكية على الرغم مما تطلها من فترات توقف .

وفي يوم ٢٨ نوفمبر ١٦٦٠ حدث اجتماع هام في كلية جريشام بعد احدى محاضرات رين لمناقشة انشاء كلية للنهوض بالعلم التجريبي الرياضي الفيزيائي ، واتخذت فيه مجموعة من القرارات . ثم بدا أنه من المرغوب فيه أن تقوم الجمعية على أساس أكثر رسمية ، وقدم التماس بتكوين جمعية للملك شارل الثاني . وصدر المرسوم في ١٥ من يوليو ١٦٦٢ الذي بمقتضاه ارتقى النادي المتواضع الذي كان يجتمع أسبوعيا للتشاور والتباحث في النهوض بالعلم التجريبي حتى أصبح الجمعية الملكية . وأعلن الملك نفسه المؤسس لها .

لقد أصبح تحصيل العلم تحت هذه الرعاية الملكية هو الأسلوب السائد . وانضم الى الجمعية كثير من الوجهاء الذين لا عمل لهم مدفوعين الى ذلك بمجرد حب الاستطلاع ، وكثيرا ما بلغ حماسهم درجة جعلتهم يندفعون في حكمهم . وعلى ذلك فبالاضافة الى الأبحاث ذات القيمة العلمية كانت الاجتماعات كثيرا ما تشغل بمناقشة قصص سياح مقتضبة وأفكار خيالية جدا . وبهذه الطريقة كانت الجمعية الملكية مثار السخرية ، وعلى الأخص من قلم سويفت (١) اللاذع . وبعد خمسين سنة تقريبا من تأسيس الجمعية كتب سويفت في أسفار جليفر عن أكاديمية كان أساتذتها العلماء مشغولين باستخلاص أشعة الشمس من الخيار والقشاء ووضعها في قوارير لتستعمل فيما بعد ، وبعضهم كان يحاول تحويل الثلج الى بارود ، وبعضهم يحاول بناء بيوت مبتدئين من الأسقف نازلين الى أسفل منتهين بالأسس .

ولم يكن سويفت هو الصائد الوحيد للأخطاء ، فقد خشي الكثيرون أن تكون التجارب الجديدة ذات أثر ضار بالدين معطلة للتعليم . ولكننا

---

(١) أديب انجليزي ( ١٦٦٧ - ١٧٤٥ ) اشتهر بهجاءاته اللاذعة ، وقصائده القوية ، واحاديثه . ومن أشهر مؤلفاته أسفار جليفر ، ومعركة الكتب ، وحديث خرافة .  
( المترجم )



لسنا فى حاجة الى أن نناقش المعارضة التى لقيتها الجمعية فى أيامها الأولى ، اذ ينتقد باستمرار كل ما هو جديد من الدنيا التى تذهلها الدهشة . وسرعان ما تبينت القيمة الحقيقية للجمعية الملكية فى العمل الجماعى لأعضائها ، وفى الطريقة التى شجعت بها رجال العلم القادمين من القارة الأوروبية ، وبخدماتها فى كثير من مطالب الحياة اليومية .

وعلى ذلك ففى خلال سنين قلائل من تأسيس الجمعية قامت بأبحاث عن الغازات التى تنساب أثناء استخراج الفحم من المناجم . ونتيجة لذلك قلت مخاطر الموت لعمال المناجم بدرجة كبيرة . وكذلك بحثت فى اجتماعات الجمعية مشاكل الناجم المغمورة . ومن المناقشات التى دارت تكونت التصميمات الأولى لآلة ضخ بخارية ذات أثر فعال .

وكذلك نشرت الجمعية أبحاثا هامة عن حركة المد والجزر ، وهو موضوع ذو أهمية كبيرة ، وذلك لأن السفن التى كانت تحمل شحنات كبيرة كان فى استطاعتها دخول موانينا فقط عند ارتفاع المد . ولذلك كان من الضرورى معرفة أوقات تغيرات المد والجزر اليومية لصالح التجارة . وكانت هناك مشكلة أخرى من مشاكل الملاحة ، ألا وهى مشكلة معرفة خط الطول . ولمعرفة هذا كان الناس فى حاجة الى وسيلة دقيقة لمعرفة الوقت . ولم تعرف الساعات الموثوق بها ، الكرونومترات ، إلا بعد ذلك بمائة عام . ومع ذلك فقد قامت الجمعية الملكية بأعمال قيمة كثيرة فى تمهيد الطريق لقياس دقيق للوقت ، وكان الفضل فى اختراع ساعة البندول راجعا الى عضو هولاندى يدعى كريستان هيجينز ( ١٦٢٩ - ١٦٩٥ ) .

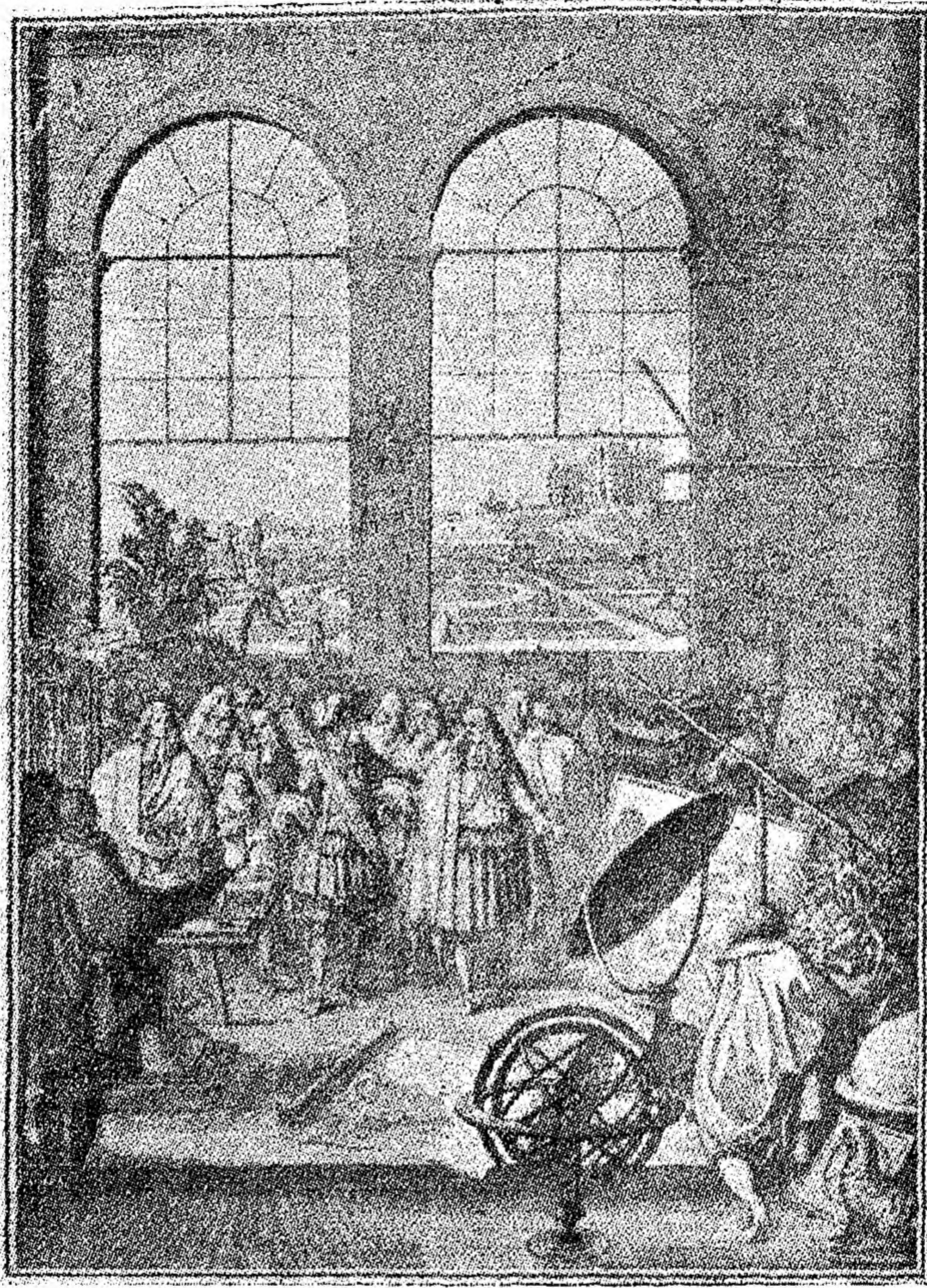
ويعتبر انشاء الجمعية حدثا على أكبر جانب من الأهمية فى تاريخ العلم . ان اجتماعات الزملاء جمعت بين الباحثين فى مختلف الميادين ، وكان تبادل الآراء فى حد ذاته ذا قيمة لتقدم العلم . وظهرت النشرة الرسمية فى الجمعية الملكية ، المقررات الفلسفية ، لأول مرة ١٦٦٥ . وسرعان ما در بيع المجلدات للزملاء والجمهور ربها طيبا . وكان توزيع نشرة المقررات ذا أهمية كبيرة للعلم فى انجلترا والخارج . وقامت المراسلات الخارجية الرسمية بما يمكننا أن نسميه بعملية الاعلام الخاصة بالجمعية الجديدة . وقد منح أناس ممتازون من القارة درجة الزمالة ، ونشرت مؤلفاتهم بواسطة الجمعية الملكية . وبهذه الطريقة وقف العالم على أبحاث مالبىغى وليبونهورك .

وقد أنشئت أكاديميات علمية متنوعة فى القارة أثناء الفترة التى نحن بصدددها . ولم يحل عام ١٦٠٣ حتى كانت قد أنشئت فى روما



أكاديمية الأوس (١) وأوقفت هذه الجمعية اجتماعاتها بعد ادانة جاليليو أشهر أعضائها ، وأعيد تكوينها بعد ذلك . وأسس تلامذة جاليليو في فلورنس أكاديمية دل شيمنتو المشهورة (١٦٦٧) وفي سنة ١٦٦٤. أسست أكاديمية نيرنبرج . وفي فرنسا ألف العلماء جمعية سرية لمناقشة المسائل الفلسفية . ومن هذا البدء البسيط نشأت أكاديمية العلوم التي أنشئت رسميا سنة ١٦٦٦ ( لوحة ١٣ ) . وقد أبقت الأكاديميات العلمية في القارة العلم حيا وسط التدميرات التي سببتها حرب الثلاثين عاما حينما اجتاحت ألمانيا الجيوش الأسبانية والنمساوية والفرنسية والسويدية ، في الوقت الذي دمرت الجامعات فيه كما دمر كل شيء آخر . وفضلا عما أدته الأكاديميات من خير خلال السنين الأولى من انشائها ، فانها تعد مبدأ ذلك التعاون بين رجال العلم من مختلف الأمم الذي أقام الصرح الهائل للعلم الحديث .





أقدم صورة لاجتماع جمعية العلماء  
عقد الاجتماع في أكاديمية العلوم في فرساي عام ١٦٧١ . ويمكن أن ترى في الصورة مضخة  
الهواء التي اخترعت حديثا بواسطة بويل ، ومجهر ذا ثلاث قوائم ، وتلسكوبا ، وعاكسا  
مقعرا ، وعينات تشريحية ، وأجهزة كيميائية





ديكارت على مكتبه  
صورة غلاف مجموعة رسائل ديكارت (فرانكفورت عام ١٦٩٢)



## الفصل الخامس

# عصر نيوتن

### ١ - طرق رياضية جديدة

حينما بدا كيبلر ، و جاليليو عملهما كان ينقصهما كثير من الطرق الموفرة للوقت التي تبسط حساباتنا اليوم . فعلى الرغم مثلا من أن الأعداد العربية كانت قد حلت من زمن طويل محل الأعداد الرومانية المعقدة ، فإن عمليتي الضرب والقسمة كانتا عمليتين مملتين . وانخفاض الوقت الذي كانت تستلزمه الحسابات انخفاضا كبيرا بفضل استعمال اللوغاريتمات . وكان الفضل في استعمال اللوغاريتمات يرجع الى عالم رياضيات اسكتلندي هو جون نابير ( ١٥٥٠ - ١٦١٧ ) . وقد صارت النتائج التي وصل اليها وكذلك جداول اللوغاريتمات الاولى معروفة للعالم عام ١٦١٤ . وسرعان ما بسطت اللوغاريتمات بعد ذلك الاستعمال العملي بواسطة هنري بريجس ( ١٥٦١ - ١٦٣٠ ) الذي كان يعمل بالتعاون مع نابير . ومن الممتع أن نلاحظ انه على الرغم من أن كيبلر كان يقضى ساعات عديدة مضيئة في حسابات شاقة في سنيه الاولى ، إلا أنه استعمل اللوغاريتمات في مؤلفه الذي نشر عام ١٦٢٠ والذي أهدها لنابير . وعلاوة على ذلك فقبل موت كيبلر بأربع سنوات شرح طرق نابير في رسالة له أقبل الناس على قراءتها في ألمانيا ، وبهذه الطريقة ساعدت على ذبوع طرق الحساب الجديدة في القارة .

وعلى الرغم من أن المبادئ التي سار عليها نابير كانت تتطلب معرفة تامة بالرياضيات فقد كان من الممكن لأي شخص ذي ادراك بسيط أن يستعمل اللوغاريتمات . ولذلك لا تعترينا الدهشة أن وجدنا أن اللوغاريتمات سرعان ما استعملت في عمل أداة نافعة هي الأداة المعروفة بالمسطرة الحاسبة التي يمكن قراءة العمليات الحسابية عليها دون اجراء عملياتها (١) وزياد على ذلك بدأ استعمال العلامات العشرية حوالى

---

( ١ ) المسطرة الحاسبة مألوفة لنا في المصانع والمصارف .



الوقت الذى استعملت اللوغاريتمات فيه . ولذلك فقد كان فى حوزة العلماء كل الوسائل الدقيقة لتوضيح النتائج التى كانوا يصلون اليها ، وطريقة سريعة لاستخراج النتائج الحسابية .

وشاع استعمال الرموز الجبرية ، والالام بالمعادلات فى السنين الأولى من القرن السابع عشر . وكانت هندسة اقليدس مستعملة من زمن طويل ، ولكن النتائج كان يعبر عنها بعبارات مسهبة . ولذلك فقد حدث تقدم عظيم حينما استعملت الطرق الجبرية فى الهندسة لأول مرة بواسطة الفيلسوف الفرنسى ديكارت ( ١٥٩٦ - ١٦٥٠ ) .

وقد استخدم ديكارت ( انظر لوحة ١٤ ) طريقة بمقتضاها يثبت موضع نقطة فى مستوى حينما تكون أبعادها من خطين أو محورين معروفة وتسمى هذه الأبعاد احداثيات النقطة ، ويعبر عنها عادة بحرفى س ، ص . وكانت هذه الطريقة تطبيقا لنظام تحديد موقع النقطة على كرة بواسطة دوائر الطول والعرض ، وهى طريقة كانت معروفة منذ القدم . ولكن الذى استجد فى معالجة ديكارت للمسألة هى ادراكه ان العلاقة بين احداثيات جميع النقط الموجودة على قوس يمكن التعبير عنها بمعادلة جبرية بسيطة مقتضبة . وعلى ذلك فان الدائرة التى نصف قطرها خمس وحدات ومركزها فى نقطة تلاقى المحورين يمكن تمثيلها بالمعادلة  $s^2 + v^2 = 25$  . وكذلك فان الخط المستقيم الذى يكون احداثى أى نقطة عليه هو دائما ثلاثة أمثال الاحداثى الآخر يعبر عنه بمعادلة  $s = 3v$  أو  $v = \frac{1}{3}s$  . وبهذه الطريقة صور ديكارت المنحنى على أنه نتيجة لنقطة تتحرك تستوفى شروط معينة يمكن أن يعبر عنها بواسطة معادلة جبرية . وعلى العكس صور المعادلة على أنها طريقة سليمة للتعبير عن خصائص المنحنى . وكان هذا الاستعمال للجبر فى الهندسة سلاحا قويا فى يد رجل الرياضيات ، اذ مكنه هذا من معالجة وحل مسائل كانت من قبل مستعصية عليه . وعلاوة على ذلك فان طريقة الاحداثيات التى من شأنها أن ترى العين بسهولة العلاقة بين الكميات المتغيرة قد طبقت كثيرا فى حياتنا اليوم فى الطب ، والاحصاءات ، وشئون التأمين ، واسعار الفائدة ، وفى العمل اليومى الرتيب للمشتغلين بالعلم والمهندسين العمليين وصانعى السفن كذلك .

وباعتبار الخطوط والمنحنيات رسوما يمكن تتبعها بواسطة نقط متحركة تستوفى الشروط المبينة فى المعادلات أدخل ديكارت فكرة الحركة الى الهندسة . وتوسع بعد ذلك فى فكرة النقط المتحركة حتى شملت السطوح التى تتكون من سطور متحركة ، والأجسام الصلبة المكونة بواسطة دوران الأشكال الهندسية . وظهرت للوجود طريقة حسابية



جديدة ، حينما بذل رجال الرياضيات جهدهم لحل أمثال تلك المشاكل .  
وتعرف هذه الطريقة « بالتفاضل » . وكان الفضل الأكبر في ابتكارها  
يرجع الى نيوتن ( ١٦٤٢ - ١٧٢٧ ) ، والفيلسوف الألماني والكاتب  
السياسي « ليبنتز » ( ١٦٤٦ - ١٧١٦ ) .

والتفاضل كما يدل عليه معناه هو طريقة حسابية ، وهو كذلك نوع  
من الاختزال . انه يهيئ لنا وسيلة حل عدد هائل من مسائل الهندسة  
والميكانيكا التي تتعلق بالسكميات المتغيرة باستمرار . وحينما تكون هناك  
كميتان مرتبطتان ببعضهما البعض ، بحيث أن تغيرا في احدهما يحدث  
تغيرا في الأخرى ، فان كل كمية يقال انها دالة الأخرى ، وعلى ذلك فان  
حجم الكرة هو دالة نصف قطرها ، وذلك لأنها تتناسب مع مكعب نصف  
القطر . والمسافة التي يقطعها الجسم الساقط دالة الوقت الذي يأخذه في  
السقوط ، وذلك لأنها تتناسب مع مربع الوقت . وكذلك فحينما يملأ  
المطر برميل ماء كبير تدريجيا ، نستطيع بواسطة التفاضل اذا شئنا أن  
نجد عمق الماء في أية لحظة معينة . وعلى العموم فان التفاضل يهيئ  
لنا وسيلة اكتشاف كيفية تغير الدالة بتغير السكمية التي تتوقف عليها .  
وما هذه الا احدى أنواع المسائل العديدة التي يمكننا التفاضل من حلها .

وقد احتدم جدل كثير حول مسألة ابتكار التفاضل . وقف فلاسفة  
القارة في صف ليبنتز ، ووقف الانجليز في صف نيوتن . ومما يؤسف  
له أن مثل تلك المنازعات نشأت في اللحظة التي بدأ فيها رجال العلم  
في جميع أنحاء أوروبا يتعلمون العمل سويا . ومن المظنون أن كلا من  
نيوتن ، وليبنتز وصلا الى آرائهما كلا على حدة ، وأن نيوتن كان هو  
الأسبق في هذا الميدان . وعلى الرغم من ذلك فقد نشرت النتائج التي  
وصل اليها بعد نشر نتائج ليبنتز . وقد تطلبت طريقة الرياضيات  
الجديدة لغة جديدة ورموزا عديدة جديدة . وكانت رموز ليبنتز أدق  
وأسهل من رموز نيوتن ، وهي في الحقيقة الرموز التي نستعملها الآن .

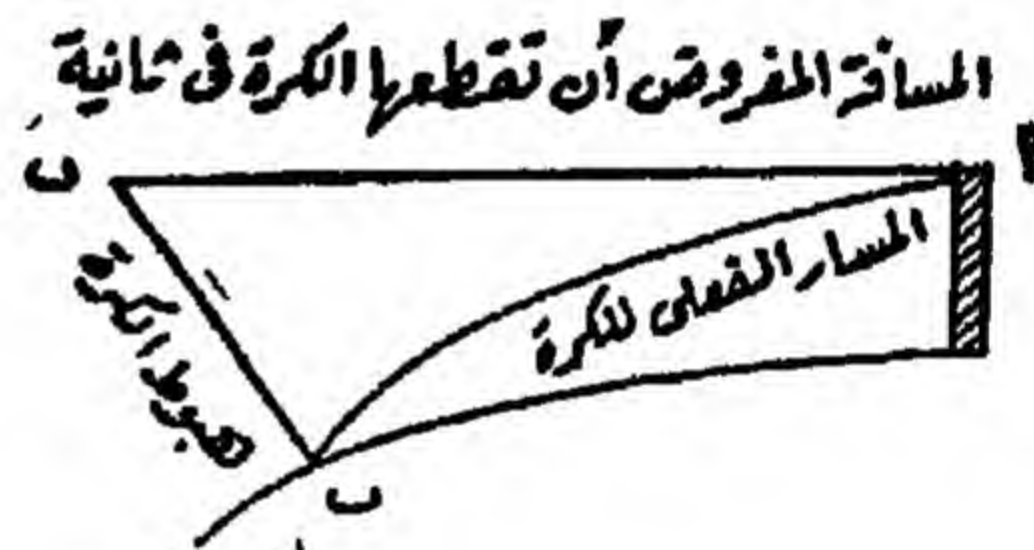
## ٢ - مشكلة الجاذبية

لم يأت القرن السابع عشر بطرق رياضية جديدة فحسب ، ولكنه  
أتى أيضا بتوضيح مشكلة متوغلة في القدم ، ألا وهي مشكلة الجاذبية .  
وتتبعا لآراء أرسطو تحدث الناس كثيرا ولأزمان طويلة عن مواد ذات  
ميل طبيعي للتحرك الى أسفل صوب مركز الأرض ، وعن مواد خفيفة  
بميل طبيعي للتحرك الى أعلى صوب السماء . وقيل أن مواد المجموعة  
الأولى كانت تسقط بسبب ثقلها ، وأن المواد الأخرى ترتفع بسبب  
خفتها . ولكن لم يكن هذا سوى وصف ما يشاهده الانسان بالفاظ  
متباينة . وبقيت المشكلة كما كانت من قبل . وقد خطا جاليليو الخطوة



الأولى فى معالجة مشكلة الجاذبية حينما اكتشف كيف تسقط الأجسام أى طبقا لأى قانون رياضى تزداد سرعة الجسم أثناء سقوطه . وخطأ جاليليو أيضا الخطوة الثانية حينما تحقق أن الأجسام المتحركة اذا تركت لنفسها تستمر فى الحركة الى الأبد فى خط مستقيم ان لم تؤثر عليه قوة ما . وفى حالة قذف أى شىء فى الهواء فقط أوضح أنه « يهبط » مسافة معينة كل ثانية مثله فى ذلك مثل أى جسم آخر هابط ، وأن مسيره النهائى يتوقف على سرعته الأصلية واتجاه القذف به ومقدار هبوطه فى الثانية .

والآن دعنا نطبق مبادئ جاليليو على حالة كرة كريكت قذفت أفقيا من فوق قمة تل ( شكل ١٨ ) . وبمجرد أن تصبح الكرة حرة الحركة تبدأ فى الهبوط . ونعرف من مقاييس سرعة سقوط الأجسام أن الجسم الساقط ، اذا تغاضينا عن المقاومة البسيطة التى يتسبب فيها الهواء ، يكون قد هبط فى نهاية الثانية الأولى ١٦ قدما عما كان عليه عند نقطة بدء تحركه . وعلى فرض أن أ ب هى المسافة التى تكون الكرة قد قطعتها فى الثانية الأولى لو لم يكن هناك جذب لها صوب الأرض . واذا افترضنا أن المسافة ب ١ = ١٦ قدما ، ففى هذه الحالة تصطدم الكرة فعلا بالأرض عند أ ب ، ويوضح الخط المنقط مسارها ( شكل ١٨ ) .



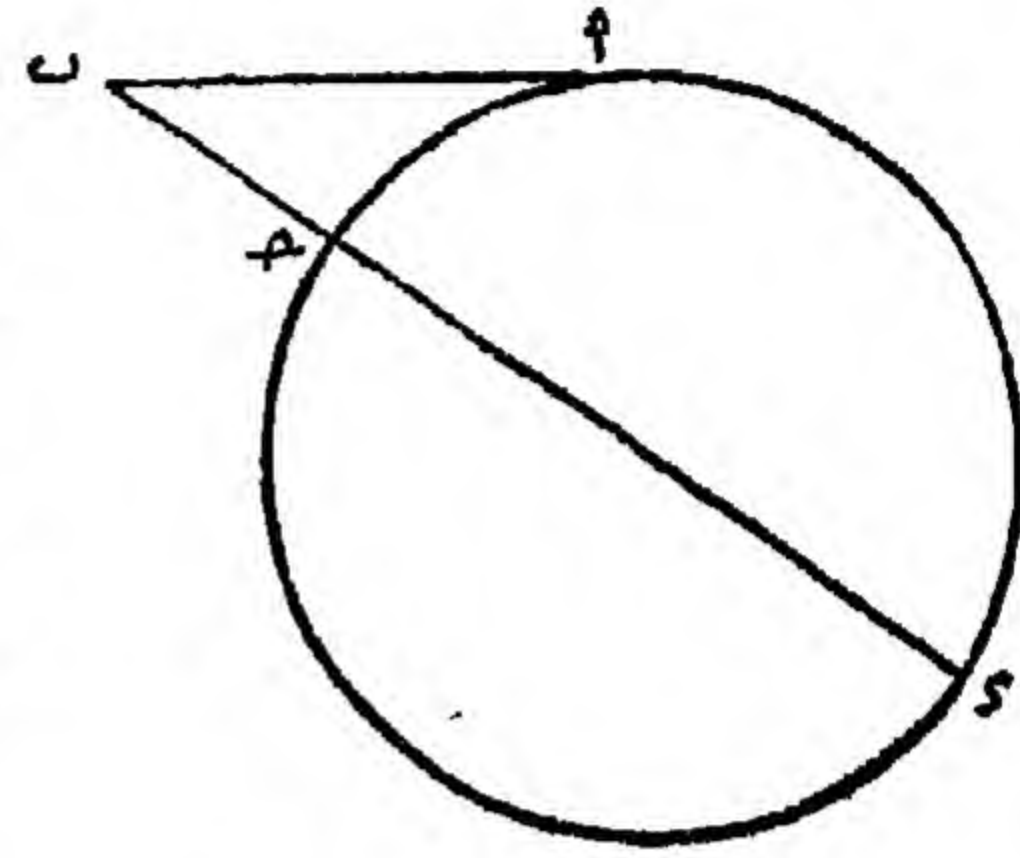
( شكل ١٨ )  
جذب الأرض لكرة الكريكت



ولنفترض الآن أن الكرة قذفت بسرعة عظيمة بدرجة انه بعد هبوطها ١٦ قدما فى الثانية الأولى تكون فى نقطة ح ، وهى نقطة ترتفع عند سطح الأرض قدر ارتفاع أ . وحينئذ تستمر فى سيرها فى الثانية الثانية كما لو أنها كانت قد قذفت من ح بنفس السرعة الأولى ، وهكذا .



ونتيجة لذلك فان كرتنا للكريكت تستمر في دورانها حول الأرض دون أن تصطدم بها اطلاقا . وحسبة بسيطة ( شكل ١٩ ) ترينا أن سرعة الكرة يجب في هذه الحالة ان تكون حوالى ٤٩ ميل فى الثانية ، او قدر سرعة القطار السريع بثلاثمائة مرة .



( شكل ١٩ )

حساب سرعة كرة كريكت دائرة حول الأرض  
 $b = \frac{a}{x}$  ب ج  $x$  ب د ( هندسيا )  
 ب ج = ١٦ قدما . ويمكن اعتبار ب د يساوى  
 قطر الأرض تقريبا . ومن ذلك نجد ان المسافة  
 التى تقطعها الكرة فى الثانية هى ٤٩ ميلا

ونحن نعلم الآن أن قمرنا مستمر فى دورانه حول الأرض ، وياخذ حوالى ثمانية وعشرين يوما فى دورته . ونعلم أيضا أن أرضنا وغيرها من الكواكب تدور باستمرار حول الشمس . الا يبدو محتملا ان الأرض تجذب القمر ، وبذلك تجعله يتحرك دائرا حولها ؟ ومن المحتمل أيضا ان الشمس تجذب الأرض والكواكب الأخرى . ان مثل هذه الامكانيات تدور بخلد الشاب استحق نيوتن فى عزلته فى بيتسه فى لنكولنشير ، بينما كان الوباء الكبير يكتسح لندن . وقد ارسل نيوتن من كامبردج مع غيره من الطلاب الى بلادهم خوفا من اندلاع المرض . وعلى ذلك كانت لديه فترة من فراغ فرضت عليه . وفى أثناء تلك الفترة الهادئة من الفراغ عالج مسائل ربما كانت اعظم المسائل اثرا فى تاريخ العلم كله .

### ٣ - محاولة نيوتن الاولى لحل المشكلة (١)

بينما كان نيوتن فى كامبردج مازال شابا صغير السن ، قرأ كتابات جاليليو وأعجب بها . وكان على المام بهندسة ديكارت . وكان بالفعل قد استنتج جزئيا طرق التفاضل التى اطلق عليها طريقة الفروق ولذلك كان رأسه زاخرا حينما ابتدأ يفكر - كما يخبرنا - فى الجاذبية التى تمتد الى فلك القمر . وسرعان ما وضع هذه الفكرة موضع الاختبار الحسابى .

( ١ ) يعنى بذلك مشكلة الجاذبية

( المترجم )

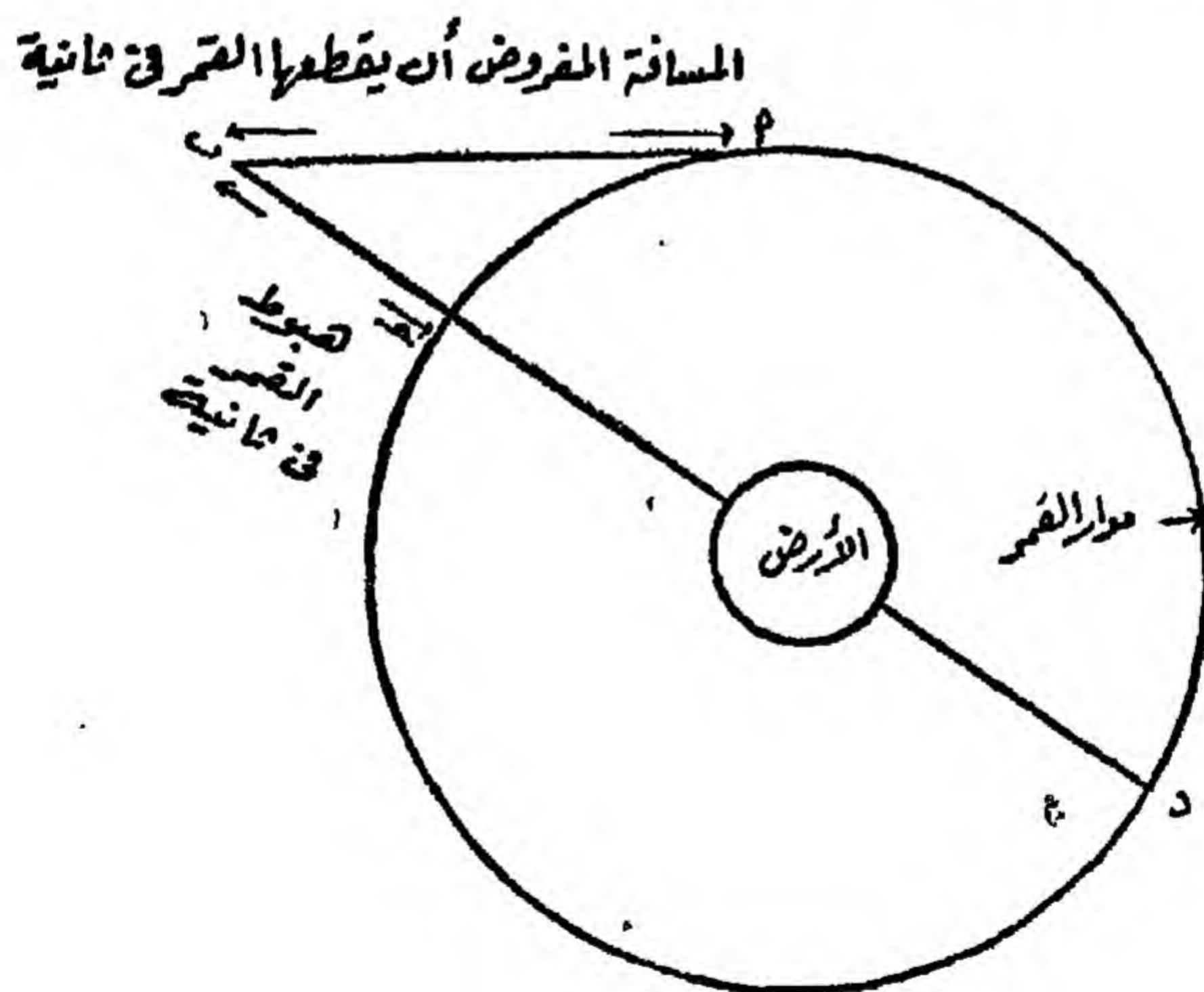


ويبلغ بعد القمر عن الأرض ٢٣٨٨٥٧ ميلا أو قدر نصف قطر الأرض  
ستين مرة تقريبا . ويدور القمر دورة حول الأرض فى حوالى ٢٨ يوما .  
وعلى ذلك فمن الممكن حساب سرعة القمر بسهولة . وإذا ناقشنا  
المسألة كما فعلنا قبلأمكننا ان نجد المسافة الواجب اجتذاب القمر  
اليها لاجراجه عن خطه المستقيم وجعله يتحرك فى دائرة مثله بالضبط  
كمثل كرة الكريكت التى افترضناها . وعلى ذلك نجد ان القمر لايد  
أن يهبط ٠٠٤٤ ر قدما فى الثانية الأولى ( شكل ٢٠ ) وهذا أقل بدرجة  
كبيرة من ال ١٦ قدما فى حالة كرة الكريكت ، وهذا ما يجب ان  
نتوقعه حيث أن القمر أبعد عن الأرض بعدا شاسعا جدا ، اذا قورن  
بكرة الكريكت . وتكون النسب كالتى :

$$\frac{(\text{نصف قطر مدار القمر حول الأرض})}{(\text{نصف قطر الأرض})} = 37. = \frac{16}{0.44}$$

ای

$$\frac{\text{سرعة الهبوط على سطح الأرض}}{\text{سرعة الهبوط على سطح القمر}} = \frac{(\text{نصف قطر مدار القمر})}{(\text{نصف قطر الأرض})}$$



( شکل ۲۰ )

## جذب الأرض للقمر

بما أن  $p = 2$   $\times$   $p$  في استطاعتنا أن نحسب هبوط القمر في ثانية  $p$  الذي يساوي ٠٠٤٤ د قدما



وعلى ذلك فان قوة الجذب تنقص كلما زاد مربع المسافة ، او بمعنى آخر تقل قوة الجذب متناسبة في ذلك تناسباً عكسياً مع مربع المسافة .

وحينما أجرى نيوتن تجاربه مستخدماً هذه التقديرات أول الأمر ، لم تكن التقديرات الميسورة لنصف قطر الأرض ولبعد القمر دقيقة . ونتيجة لذلك لم يجد التطابق التام الذي بيناه آنفاً . وفوق ذلك أدرك أن هناك صعوبة كبيرة في تطبيق مثل تلك الاعتبارات على حالة الأرض والقمر . وعلى الرغم من أن الأرض هائلة اذا قورنت بحجر ، إلا أن نيوتن شك في أن لديه ما يبرر معالجته للأرض كنقطة في وسط فلك القمر ، وأن القمر كنقطة تدور حولها . ونتيجة لذلك صرف نيوتن النظر عن تقديراته ، وأرجأ المشكلة . ووجه عنايته بضع سنين للدراسة الضوء . وكانت أبحاثه في هذا الموضوع كافية بمفردها ان تضعه في الصف الأول من رجال العلم .

#### ٤ - نظرية نيوتن في الجاذبية

بعد أن بدأ نيوتن معالجته لمشكلة الجاذبية توصل رجل أرصاد فرنسي الى تقدير جديد لنصف قطر الأرض ، وأعلن نتائجه في اجتماع للجمعية الملكية . عندئذ فتش نيوتن عن مذكراته القديمة وأخرجها . وبتطبيق هذا التقدير الجديد وجد تطابقاً أفضل بكثير عن ذي قبل ، ولكنه لم ينشر ما وصل اليه من نتائج ، اذ كان لا يزال غير مقتنع ، لأن نظريته لم تكن قد تكاملت أركانها تماماً . وعلاوة على ذلك فلم تكن لديه الرغبة في جعل هذه النتائج معروفة للعالم ، اذ أن آراءه في علم البصريات قد أدخلته في مناقشات غير سارة ، وكان نيوتن رجلاً هادئاً مسالماً تنسب له الخلافات البسيطة ألا ما حادة .

ومع ذلك فلم يستطع اخفاء النتائج التي وصل اليها في الجاذبية زمناً طويلاً ، اذ بدأت المشكلة تناقش من جميع الجوانب . ففي عام ١٦٧٣ ظهر مؤلف هام لعالم هولاندي ، كريستيان هيغينز . ووصل هيغينز غير ما وصل اليه من نتائج هامة أخرى الى النتيجة المشهورة اليوم ، وهي أنه اذا تحرك جسم في دائرة نصف قطرها  $r$  بسرعة  $v$  ، فإن التغير

في السرعة في اتجاه المركز في كل ثانية او ما يسمى بالعجلة هي  $\frac{v^2}{r}$  .

وبما أن أفلاك الكواكب بيضاوية لا تختلف الا اختلافاً بسيطاً عن الدائرة فكتقريب مبدئي احتسب هيغينز وآخرون مدارات الكواكب كدوائر ، وأثبت أن هذه النتيجة الأخيرة تربطها بقانون كيبلر الثالث يتكون منها



قانون القوة الذى يجعل الكواكب تتحرك طبقا لقانون التربيع العكسى (١) ولكن بما أن الدائرة هى نوع معين من الشكل البيضاوى ، فإن هيجينز وغيره من الزملاء فى الجمعية الملكية بدأوا يتساءلون اذا كان قانون التربيع العكسى المستمد من قانون كيبلر الثالث يمكن أن يتماشى مع قانونه الأول القائل بأن مدارات الكواكب بيضاوية الشكل . وقد بدا أن الصعوبات الرياضية كانت صعوبات لا يمكن التغلب عليها ، ولذلك اتصلوا بنيوتن يسألونه رايه فى الموضوع . وحينما سئل : أى مسار يتخذه جسم حينما يجذبه جسم ضخيم بقوة يتناسب تناقصها تناسباً عكسياً مع مربع المسافة أجاب على الفور انها تتخذ مساراً بيضاوياً ، لقد كان قد توصل الى حل للمشكلة قبل ذلك بعامين ، ولكنه لم يستطع فى تلك اللحظة العثور على مذكراته . ولكنه سرعان ما جمسع كل عملياته الرياضية السابقة ونجح فى اكمال نظريته كلها .

وعالج نيوتن أولاً المشكلة العامة ، ألا وهى مشكلة اجتذاب جسم ضخيم لآخر ، وبرهن على أن كرة ضخمة تجذب كرة أخرى ، كما لو كانت الكتلة بأجمعها متركزة فى المركز . وكانت هذه نتيجة ذات أهمية بالغة . وممكنه هذا من معالجة مشاكل الشمس والقمر والأرض كمشاكل هندسية ، وذلك لأن كتل تلك الأجرام يمكن أن تعالج كما لو كانت متركزة فى نقطة . وعلى ذلك فقد اعتقد أخيراً فى صواب طريقة معالجة مشكلة الأرض والقمر ، تلك الطريقة التى استعملها أول الأمر . وكان برهان قانون تربيعه العكسى قد تم فى ذلك الوقت . وعلى ذلك فقد أثبت أن قوة الجذب الأرضية تمتد الى القمر وتجعله يدور حولها ، وأن قوة الجذب هذه تسير وفقاً لنفس القانون الذى يسرى على حالة حجر ساقط الى الأرض .

وبين نيوتن بعد ذلك أن قانون التربيع العكسى لا يمثل قانون كيبلر الثالث فحسب ، بل يمثل أيضاً قانونيه الأولين كذلك . وعلى ذلك فانه

$$(١) \text{ عجلة المركز } = \frac{٢ع}{\text{نق}} \text{ أى } \frac{\text{ربع السرعة}}{\text{نصف القطر}}$$

$$\text{زمن الدورة} = \frac{٢\pi \text{نق}}{ع} \text{ أى } \frac{\text{محيط الدائرة}}{\text{السرعة}}$$

$$\text{مربع الزمن (ن) = ثابت} \times \text{نق}^٣ \text{ أو ( قانون كيبلر الثالث )}$$

$$\dots \frac{٢\pi \text{نق}}{ع} = \text{ثابت} \times \text{نق}^٣ \text{ أو } \frac{٢ع}{\text{نق}} = \text{ثابت} \times \text{نق}^٤$$

وبما أن ثابت ع ٢ ، و ط كلاهما كميتان ثابتتان ، فإن عجلة المركز تتناسب تناسباً عكسياً مع مربع المسافة .



لم يجمع نتائج كيبلر الثلاث فحسب ، بل امتدت نظرية جاذبيته لحركات الكواكب حول الشمس . ولذلك فان نظام المجموعة الشمسية كله قد أخضع لسيطرة هذا القانون الذى يقرر ان كل جسم يجذب اى جسم آخر بقوة تتناسب عكسيا مع مربع المسافة بينهما ، وهذه الحقيقة هى جزء من قانون نيوتن الخاص بالجاذبية الذى نشره على العالم من جميع نتائجه الأخرى فى سفر طبع عام ١٦٨٧ (١) .

وهكذا ربط قانون نيوتن ، قانون التربيع العكسى ، بين سلوك الكواكب وسلوك الأجسام الموجودة على الأرض فى معادلة رياضية بسيطة . انه جمع بين قوانين كيبلر والمبادئ التى تضمنتها تعاليم جاليليو . وعلى ذلك فاذا شبهنا دراسة الطبيعة بحل لغز صور مقطوعة لا نهاية لها ، يمكننا ان نقول ان كيبلر جمع بعض القطع سويا فى جزء من النموذج ، وضم نيوتن قطعاً أخرى اليه ، وضمها ايضا الى اجزاء الألفاظ التى حلت من قبل بواسطة كيبلر وجاليليو وآخرين ، مما جعلها تبدو صورة بسيطة جميلة . وعلى ذلك فقد كان نيوتن العظيم هو أول « ضم عظيم » أو توليف للعلم الطبيعى . ولذلك كانت خدماته للعالم خدمات فريدة . وقد ظلت النتائج التى وصل اليها غير منازع فيها حتى قرنا الحالى .

## ٥ - بعض نواحي التقدم فى دراسة الضوء

كان القرن السابع عشر عصر تقدم كبير فى دراسة الضوء . وقد صوب جاليليو كما قد رأينا فى السنين الأولى من هذا القرن تلسكوبه الى السماء كاشفاً بذلك أسراراً ظلت حتى ذلك الوقت بعيدة عن أعين البشر . وقد كتب لـ كيبلر عن اكتشافاته ، مما نتج عنه ان كيبلر صرف النظر عن أبحاثه فى الرياضيات ، وأخذ يقوم بأرصاد للسماء مستعملاً أول الأمر تلسكوباً مبنياً بطريقة تلسكوبات جاليليو التى كانت تتكون من عدسة محدبة للشبكية وعدسة مقعرة للعينية . وكان المبدأ هو نفس المبدأ المتبع فى صنع منظار الأوبرا الآن (٢) . ولكن كيبلر استعمل بعد ذلك زوج عدسات محدبة متلسكوبه حاصلاً بذلك على صورة مقلوبة . وهذا الوضع العكسى لم يكن ذا تأثير بالنسبة للأغراض الفلكية . وقد عرف من ذلك الوقت هذا النوع الخاص من آلات الرصد باسم التلسكوب

( ١ ) المبادئ الرياضية لفلسفة الطبيعة ، لندن ، ١٦٨٧ .

( ٢ ) منظار الأوبرا هو منظار مزدوج يستعمل فى دور الأوبرا والمسارح وهو يشبه منظار

الميدان ولكنه أصغر منه ( المترجم ) .



الفلكى . ولكن كيبلر كان مولعا بالدراسات النظرية لتلسكوبات أكثر من ولعه بالمشاهدات العملية . ولذلك عالج المشكلة العسامة لتكوين الصور بواسطة عدسة .

وكان معروفا من زمن طويل أنه حينما يمر ضوء خلال مادة شفافة الى مادة أخرى يحدث هناك تغيير فجائى فى اتجاهه ، وهو تغير يعرف باسم « الانكسار » . وقد لوحظ أنه عند مرور الضوء من وسط أكثر تخلخلا (١) الى وسط أكثر كثافة ، فإنه ينحني صوب المستوى العمودى . وأصبحت الزاوية بين الشعاع الساقط والعمود تعرف بزاوية السقوط والزاوية بين الشعاع المنكسر والعمود باسم زاوية الانكسار . وقاس كيبلر هذه الزوايا فى حالات كثيرة ، واعتقد ان هناك نوعا من النسبية بينهما ، ولكنه لم يصل الى العلاقة الحقيقية . لقد ترك لعالم فيزياء هولاندى ، اسنيل ( ١٥٩١ - ١٦٢٦ ) ان يكتشف انه فى حالة وجود وسطين مثل الهواء والماء يمكن أن يمر خلالهما الضوء فان نسبة جيب زاوية السقوط الى جيب زاوية الانكسار نسبة ثابتة . وهذه النتيجة هى المعروفة بقانون الانكسار .

ويمكن الآن دراسة انكسار الضوء وكذلك انعكاسه ، وتكوين الصور كذلك بواسطة المرايا والعدسات من وجهة النظر الهندسية ، اذ يعتبر الضوء مجرد شئ يسير فى خطوط مستقيمة . ومن الطبيعى تماما بالنسبة لجميع المقاييس ولكل أغراض الحياة العلمية أن نعتبر مسار الضوء فى خطوط مستقيمة ، ولكن هناك تأثيرات معينة للضوء ترىنا أن هذا الفرض ليس صحيحا صحة تامة . وقد لوحظ بعض هذه التأثيرات فى القرن السابع عشر . فمثلا وجد عالم فيزياء ايطالى يدعى جريمالدى ( ١٦١٨ - ١٦٦٣ ) أن الظل الذى يتكون حينما تمر حزمة رفيعة جدا من الأشعة بالقرب من الطرف الحاد لجسم يعترض مسارها يكون أكبر مما اذا سار الضوء فى خطوط مستقيمة تماما . ولاحظ هدبا ملونة عند حافة الظل . وهذه الظاهرة التى أصبحت تعرف بالحيود أثارت اهتماما كبيرا . ولكن لم يتيسر لهذه الظاهرة تفسير مقبول حتى القرن التاسع عشر .

ولاحظ هييجينز حقيقة غريبة أخرى ، فقد وجد أن الأشياء التى ترى من خلال بلورات معينة تظهر مزدوجة . وحينما أجرى تجارب مستعملا بلورة من حجر أيسلند وجد أنه ينشأ عن شعاع ساقط شعاعان منكسران . وينطبق قانون الانكسار على أحد هذين وهو الشعاع العادى كما نسميه . أما الآخر فيما أنه يتبع مسارا مخالفا فان القانون لا ينطبق

(١) كثيف النسيج ( المترجم )



عليه . ويعرف هذا الشعاع الثانى بالشعاع غير العادى . ولاحظ هيجينز ان أحد هذين الشعاعين يمر خل بلورة ثانية من حجر ايسلند اذا وضعت هذه فقط فى اتجاه معين بالنسبة للأولى . وقد وصف هيجينز مشاهداته هذه فى كتاب عنوانه : بحث فى الضوء أخرجه عام ١٦٩٠ .

ولقد تناول نيوتن هذا الموضوع موضوع الانكسار المزدوج الذى يبين أن النتائج التى توصل اليها هيجينز تضطربنا الى أن نفترض أن أى شعاع مهما كانت حالته ناتج عن انكسار مزدوج يختلف عن الشعاع العادى بنفس الطريقة التى يختلف بها قضيب طويل قطعه المستعرض مستطيل عن قضيب قطعه المستعرض دائرة . ويقول نيوتن : وعلى ذلك فلكل شعاع جانبان متضادان لهما فى الأصل خاصية يتوقف عليها الانكسار غير العادى ، وليس للجانبين الآخرين مثل تلك الخاصية . وعلى ذلك رأى أن انكسار مثل هذا الشعاع المسار خلال احدى البلورات يتوقف على علاقة جوانبها بالبلورة نفسها .

ان اكتساب الجوانب لهذه الخاصية بواسطة شعاع من الضوء شبيهه نيوتن باكتساب الاقطاب المغناطيسية بواسطة قطعة من الحديد . وهذه الظاهرة أصبحت تعرف باسم استقطاب الضوء . وكانت دراسة هذه الظاهرة فيما بعد ذات أهمية قصوى فى كثير من فروع العلم . وحتى فى القرن السابع عشر أجبر هذا الكشف الناس على أن يكونوا بعض الآراء عن ماهية الضوء . وأدى بهم هذا الى تخيلات ذات طابع خلاب أدت بهم الى أبحاث أخرى ، وكذلك الى الغاز أكثر استعصاء . وقد حلت بعض هذه الألغاز فى القرن التاسع عشر حينما تقدم علم الضوء تقدما كبيرا . ولكن مازالت هناك مشاكل لم تحل . وكان الكثير من نواحي التقدم مع ذلك راجعا لا الى تجميع الحقائق والأمثلة كما أراد ليكون للناس أن يعتقدوا ، بل بالأحرى الى قدرة تخيل الأشخاص الذين يتميزون بالنبوغ الذين أروا الباحثين الطريق الذى يسلكونه فى تجاربهم .

وكان المعتقد حتى القرن السابع عشر ان الضوء ينتقل فورا ، ولكن الأرصاد الدقيقة لفلكى دانيمركى يدعى روبر ( ١٤٦٤ - ١٧١٠ ) أثبتت مع ذلك أن الضوء يأخذ وقتا معينا فى انتقاله . وكان هذا الكشف المشهور نتيجة رصد روبر لخسوف اقمار المشتري . وقد شوهدت هذه الأقمار لأول مرة بواسطة جاليليو عام ١٦١٠ بالاستعانة بتلسكوبه الجديد الذى صنعه . وأدى استعمال روبر للتلسكوب الى كشف مدهش آخر .

ان فلك المشتري أكبر بكثير من فلك الأرض . وتكون الأرض فى مستوى واحد مع الشمس والمشتري مرتين فى السنة : مرة تكون الأرض بين الشمس والمشتري ، وفى المرة الأخرى تكون الأرض والمشتري على



جانبيين متقابلين للشمس . وعلى ذلك ففي هذا الوضع الثانى لابد للضوء القادم من المشتري الى الارض أن يقطع مسافة اضافية مساوية لقطر فلك الارض . ولاحظ رويمر حينئذ أنه فى احدى اوقات السنة كانت اوقات الكسوف تسبق اوقات الكسوف التى تقع فى الاوقات المتوسطة . وفى فترة أخرى تقع متأخرة عن اوقات الكسوف فى الفترات المتوسطة بمقدار ثمانى دقائق . وقد فسر رويمر هذه الظاهرة تفسيراً صحيحاً بقوله انها ترجع الى المسافة الاضافية التى على الضوء أن يقطعها . وعلى هذا قدر السرعة بـ ١٩٢٠٠٠ ميل فى الثانية . ومما يدعو الى الغرابة أن الناس ظلوا طويلاً يعتقدون أن الضوء ينتقل فوراً . وقد وجدت طرق أحسن لتقدير سرعة الضوء بعد العصر الذى عاش فيه رويمر بوقت طويل ، ولكن كشفه اتى بالضبط فى الوقت المناسب حينما كان رجال العلم ينعمون الفكر باحثين عن ماهية الضوء .

وإثناء هذه الفترة كلها كان رجال الفكر فى جميع انحاء أوروبا واقعين تحت تأثير أفكار ديكارت . وكان انكون - طبقاً لفلسفته بما فى ذلك الاقليم الواقع بين الشمس والنجوم الذى نسميه الفضاء - مملوءاً بمادة متصلة بحيث لا يمكن أى شىء من التحرك دون أن يأخذ مكان شىء آخر . وفى مثل هذا العالم المعبأ تعبئة محكمة تؤثر حركة أى جزء فى الأجزاء القريبة منه ، ويمكن أن تنتقل لأجزاء أخرى . ويمكن أن نتخيل هذا بالضبط كارتجاج يمر خلال هلال هائل . وتصور ديكارت أيضاً أن هذه المادة المتصلة تكونت منها دوامات حينما خلق الكون ، وأن الارض والكواكب الأخرى تدور فى دوامة هائلة مركزها الشمس .

وتتوقف الطريقة التى يفسر بها الناس الطبيعة على الكيفية التى تعودوا التفكير بها . وحينما كان الناس واقعين تحت تأثير أفكار ديكارت اعتادوا أن يفكروا فى هذا تفكيراً يتلاءم مع نظرية المادة المتصلة ، أو الوسط . ونتيجة لذلك فحينما أدت المشاهدات بالناس الى آراء تكونت خبط عشواء عن ماهية الضوء ظن الكثيرون أنه لابد أن يكون شيئاً له علاقة بهذا الوسط الشامل . وعلى ذلك كان من رأى هوك أن الضوء كان يرجع الى تحرك هذا الوسط حركة سريعة ذهاباً وإياباً . ولقد توسع هيغينز فى هذه الفكرة حتى كون منها نظرية جميلة جداً فسر بها انعكاس الضوء وانكساره ، والانكسار المزدوج لبعض البورات بفرضه أن الضوء يعود الى تتابع تحركات منتظمة فى هذا الوسط ، أو بمعنى آخر الى تحركات تموجية . ولكن النظرية الموجية هذه كما أصبحت تدعى لم يتقبلها كثير من رجال العلم فى ذلك الوقت . وكانت الصعوبة الرئيسية فى سبيل النظرية الموجية تفسير تكوين الظلال الحادة . وكانت حركة التموج المسالوفة التى تحدث عندما يلقى بحجر



فى بركة ماء تدل على أن الاضطراب التموجى ينتشر فى جميع الجهات .  
وعلاوة على ذلك فاذا قابلت الأمواج المنتشر عقبة فى ماء ساكن ، فان  
الماء فيما وراءها يبدأ فى التحرك . وبمعنى آخر فان الموجات تنحنى  
حول العائق ولا تلقى ظلا حادا . وحتى ذلك الوقت لم يكن أحد قد توصل  
الى تفسير لتجربة جريمالدى . ولذلك اعتقد الناس أن انتشار الضوء  
فى خطوط مستقيمة إنما هو حجة قوية ضد النظرية الموجية .

وقد وجد بديل لفكرة الموجات ، وكان هذا البديل هو الفرض القائل  
بأن الضوء يتكون من سيالات من جسيمات دقيقة ، أو كريات كما كانت  
تدعى . ولا يمكننا الدخول فى تفاصيل أى من نظرية الجسيمات أو  
النظرية الموجية . انه من الواجب هنا أن نكتفى بأن نقرر أنه نتيجة  
للنظرية الأولى من اللازم انتقال الضوء فى وسط كالماء بسرعة أكثر من  
انتقاله فى وسط كالهواء . ومن جهة أخرى فطبقا للنظرية الموجية  
يجب أن ينتقل الضوء فى الماء بسرعة أقل مما ينتقل فى الهواء . وفى  
القرن التاسع عشر ثبت بواسطة التجربة أن السرعة فى الماء أقل منها فى  
الهواء ، وبذلك تأكدت صحة الحجج التى تساند النظرية الموجية . وزيادة  
على ذلك كان قد تبين قبل ذلك أن الحيود راجع الى انتشار مويجات  
دقيقة من الضوء . ان تكوين الظلال والانتقال الظاهرى للضوء فى  
خطوط مستقيمة تماما رؤى حينئذ انه نتيجة الحجم الهائل للأشياء  
العادية اذا قورن بطول الموجة الضوئية .

ومع ذلك ففي الوقت الذى أخرج فيه هيجينز النظرية الموجية لم  
يكن هذا الدليل ميسورا . ولم يكن لدى رجال العلم أجهزة حساسة  
بدرجة تكفى لقياس سرعة الضوء فى المعمل . وعلى ذلك كان لا بد من  
اجراء التجارب الحاسمة بالنسبة للسرعة فى الماء والهواء . ونتيجة  
لذلك كان الناس المعضدون لآراء هيجينز وآخرون غيرهم فى صف نظرية  
الجسيمات . وحاول نيوتن تحاشي كل التخمينات . لقد عارض النظرية  
لمبررات كانت تبدو وجيهة جدا فى عصره ، ولكنه لم يربط نفسه دون  
تحفظ بالنظرية المنافسة . والحقيقة أن نيوتن وضع آراءه على هيئة  
أسئلة استفهامية . وأصبح فى سنيه الأخيرة يميل أكثر الى نظرية  
الجسيمات عما كان عليه قبلا . ومع ذلك فقد قدم اقتراحاته بتواضعه  
الذى اتسم به قائلا ان الأمر محتاج الى مزيد من التجارب قبل الوصول  
الى أية قرارات نهائية . وعلينا الآن أن نستعرض قليلا من المساهمات  
الأخرى التى أسهم بها نيوتن فى دراسة الضوء .



## ٦ - ما قام به نيوتن في علم البصريّات

حينما كان نيوتن مازال طالبا في الجامعة اعتاد أن يصقل عدساته ويصنع تلسكوباته . ومع ذلك فقد تضايق كثيرا من الهدب الملونة التي كان يراها الانسان حينما كان ينظر الى الأشياء من خلال مجموعة من العدسات . ولقد درس مرور الضوء خلال منشور ، انكسار الضوء فيه أبسط من انكساره حين يمر في عدسة ، وكان يرمى بذلك الى الكشف عن حقائق أكثر عن هذه الهدب الضوئية .

وكان نيوتن شابا في الثالثة والعشرين من عمره حينما أحضر منشورا لأجراء تجارب على لون الضوء . ويقول : بعد أن أظلمت حجرتي ، وثقبت ثقباً صغيراً في مصراع النافذة ليسمح بدخول كمية مناسبة من ضوء الشمس ، وضعت منشورا عند مسقط الضوء ليتمكن بذلك انكساره على الحائط المقابل . وقبل وضع المنشور في مكانه رأى نيوتن بقعة بيضاء على الحائط . ولكن بعد وضع المنشور في مسار الضوء رأى حزمة من الضوء الملون عرضها عرض نقطة الضوء خمس مرات ، وفي موضع مخالف على الحائط . وقد ميز سبعة ألوان رئيسية - أحمر ، وبرتقالي ، وأصفر ، وأخضر ، وأزرق ، ونيلي ، وبنفسجي .

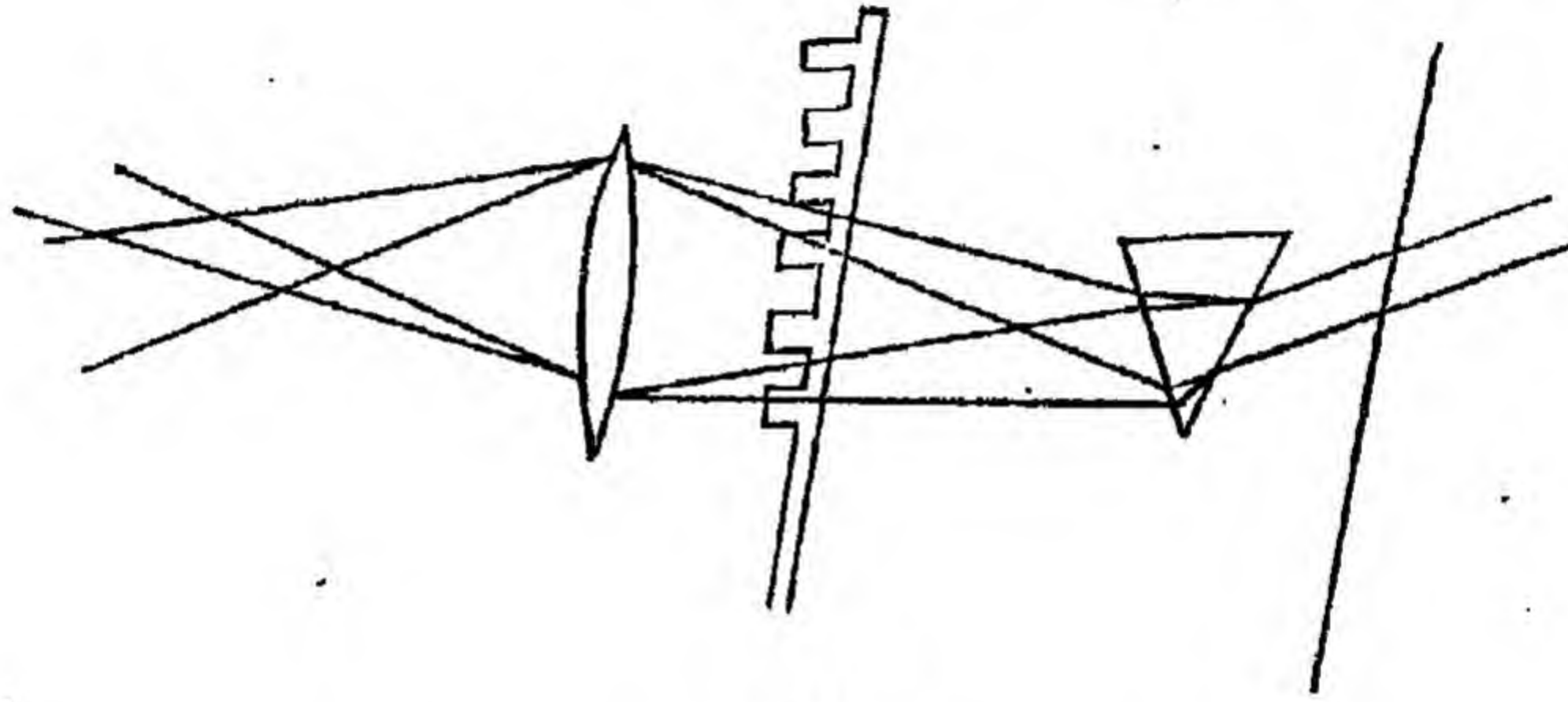
وعندئذ سأل نفسه كيف أن الحزمة الضيقة من النور الأبيض قد تشتت هكذا الى حزمة ملونة . أكان هذا بسبب مرور بعض من الأشعة خلال حيز زجاجي أقل ، ولذلك كان انحناءه أقل ؟ لقد وضع فرضيه هذا موضع الاختبار بمراره الحزمة الاشعاعية ( أولا ) بالقرب من رأس المنشور و ( ثانيا ) بالقرب من القاعدة . وحصل في كلتا الحالتين على حزمة ملونة كان طولها نفس الطول كل مرة . وكانت في هذه الاجابة الحاسمة على سؤاله الأول . وبعد ذلك سأل نفسه اذا كانت تلك الألوان متسببة عن عيوب في زجاج منشوره . ولذلك أجرى تجارب مستعينا بمنشورات من زجاج أصفى وصقل أوفى . ولكنه كان دائما يحصل على حزمة ملونة مماثلة أو طيف . بعد ذلك أجرى تجارب مستعينا بمنشور مكون من لوحات زجاجية لصقت بعضها ببعض على هيئة منشور ملاء ماء . ان اللوحات الزجاجية لم تؤد بنفسها الى ايجاد طيف . ولكن الماء في الاناء المشكل على هيئة منشور أوجد طيفا بالضبط كما حدث مع المنشور المصنوع من زجاج أصم .

وعلى هذا فقد كان نيوتن يضيق حدود المشكلة . وكانت النتائج التي وصل اليها تبين أن اللون كان راجعا الى انكسار الضوء ، وأن الضوء ذا الألوان المختلفة يتعرض لمقادير انكسار مختلفة . ومع ذلك فقد واصل تجاربه فعزل الأشعة ذات اللون الخاص على قدر المستطاع



باستقبال الطيف لا على حائط بل على شاشة ثقب بها ثقب ابرة .  
وعندئذ جعل حزمة الضوء الأحمر أو الأخضر تسقط على منشور ثان .  
وبذلك قاس مقدار تحويل هذا المنشور الثاني للحزمة الملونة عن  
مسارها . وأجرى تجارب على كل لون بدوره ، قائسا الزوايا في كل  
حالة ، ووجد أن الألوان المختلفة تنكسر بدرجات مختلفة ، ويزداد  
الانكسار باستمرار ابتداء من الأحمر الى البنفسجي .

واستعمل نيوتن بعد ذلك عدسة محدبة ليجمع ضوء الطيف المشتت  
في بؤرتها بحيث يصير حزمة ضيقة جدا ، ووضع شيئا شبيها بالمشط  
بين المنشور والعدسة بحيث كانت أسنان المشط تعترض جزءا من الطيف  
قبل أن يصل الى العدسة ( شكل ٢١ ) .



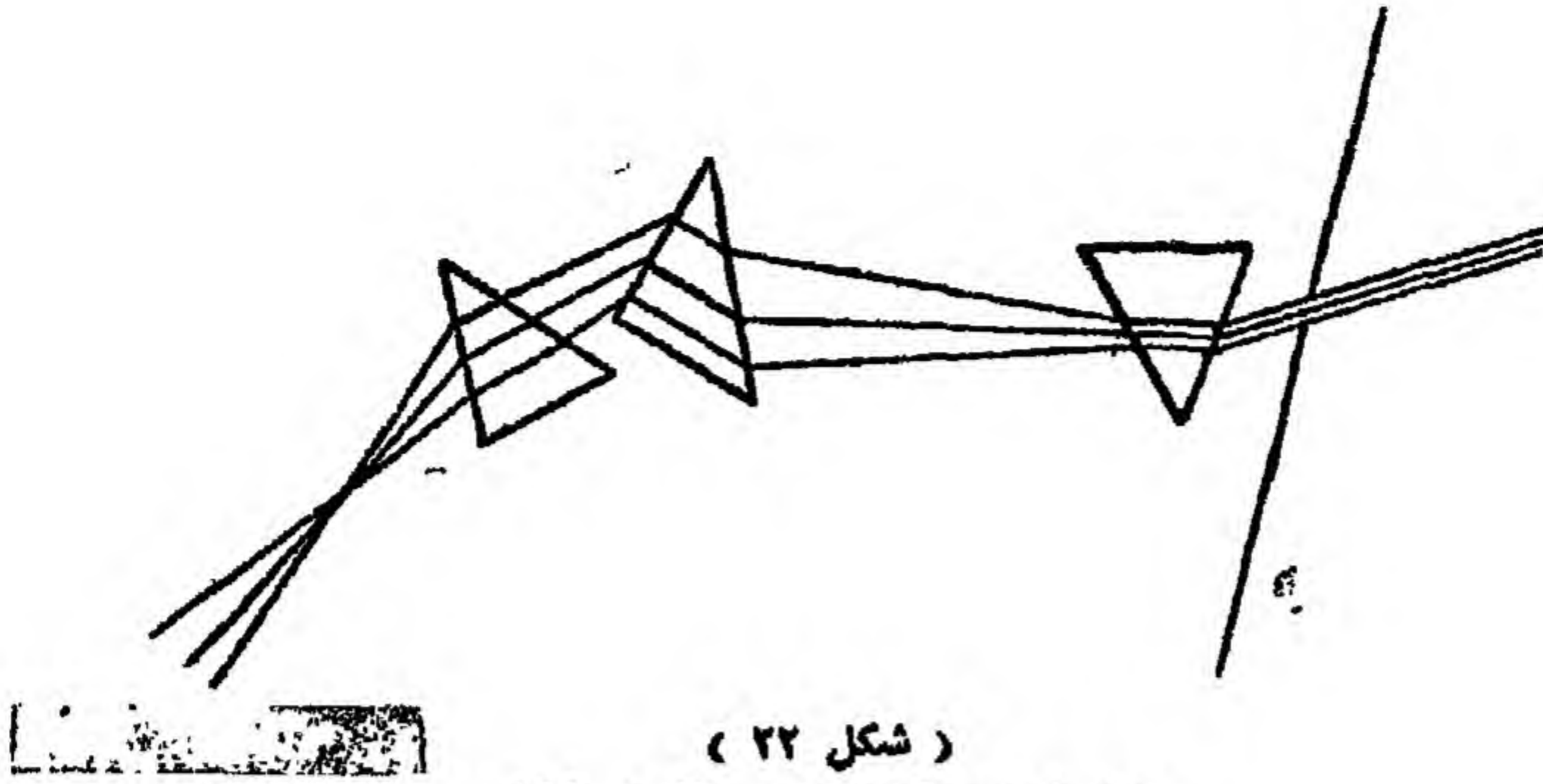
( شكل ٢١ )

جهاز نيوتن لاغراض اجزاء من الطيف واعادة تكوين الباقي

وبتحريك المشط درجة بسيطة الى الامام والخلف لاحظ أن بقعة  
الضوء عند بؤرة العدسة قد مرت خلال تدرج لوني جميل . وحينما  
أزاح المشط أعادت العدسة تكوين الطيف الى بقعة بيضاء ذات أثر لوني  
بسيط عند أطرافها . وفي مناسبة أخرى أعاد تكوين ألوان الطيف  
باستعمال ثلاثة منشورات . ان التحليل الى الألوان أو تشتت الضوء  
الذي حدث بواسطة المنشور الأول عكس بواسطة المنشورات الأخرى ،  
وبذلك تحصل على النور الأبيض مرة أخرى ( شكل ٢٢ ) وكذلك  
حصل نيوتن على طيفين بجعل حزمتين من ضوء الشمس تقعان على  
نفس المنشور . ويتكون اللون الأبيض حيث يتداخل هذان بعضهما في  
بعض . ومن هذه التجارب وغيرها شعر نيوتن أنه على صواب في  
استنتاجه أن كل الألوان في الكون التي يتسبب الضوء فيها تكون اما  
ألوان أضواء متجانسة (١) أو مركبة من هذه الألوان .

( ١ ) يعني بذلك الألوان المتجانسة أو النقية للطيف .



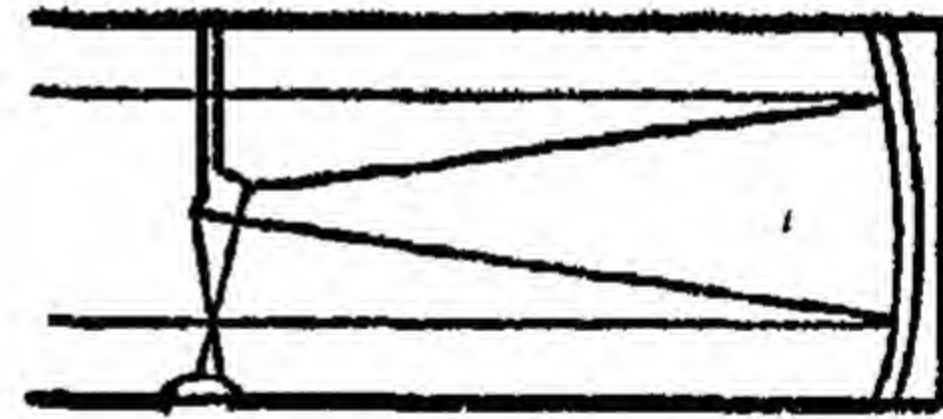


( شكل ٢٢ )  
جهاز نيوتن لإعادة تجميع ألوان الطيف

وبعد ذلك عاد نيوتن الى مشكلته الأصلية وهى الهدب الملونة التى تتكون حينما يمر الضوء خلال مجموعة من العدسات كما هى الحال فى التلسكوب . وحيث انه كان مدركا أن الانكسار يحدث تشتتاً ، فقد ظن أن الهدب الملونة التى ترى خلال التلسكوبات لا يمكن تجنبها إطلاقاً . ولذلك استغنى عن العدسات قدر المستطاع ، ووضع تصميم تلسكوب به مرآة كبيرة محدبة قليلاً ، أو عاكسة تجعل الضوء القادم من السماء يتجمع فى بؤرة . ثم استقبل هذا الضوء المتجمع على مرآة مستوية صغيرة ، واتخذت الصورة المرئية بواسطة العدسة العينية مكاناً لها على جانب التلسكوب العاكس (شكل ٢٣) .

( شكل ٢٣ )

تلسكوب نيوتن العاكس  
هذا الشكل مأخوذ عن الشكل الموجود فى كتاب علم البصريات لنيوتن (الطبعة الرابعة ١٧٣٠) . وقد استعمل بدلاً من المرآة المستوية منشوراً قائم الزاوية ليقوم بعملية الانعكاس الثانى



وأهدى نيوتن احدى تلسكوباته للجمعية الملكية . وسرعان ما صار استعمال مثل تلك الآلات العاكسة عاماً (١) وأدخلت عليها مزيد من

( ١ ) كان يبلغ طول التلسكوبات فى القرن السابع عشر ١٠٠ قدم فى الغالب ، وذلك لتقليل متاعب اللون . ومن الممتع أنه حينما ووجه كريستوفر رين المتعدد نواحي النبوغ باقتراح جعل برج توم فى أكسفورد موصداً ، رفض العرض . وذلك لأن إقامة تلسكوبات بهذا الطول على قمة برج أمر غير عملى . وكان زيادة على ذلك يعلم أن جميع الأبراج فى عصره كانت غير ثابتة . وكان يعلم كمهندس معمارى أن مثل هذا التحويل لبرج توم سيكون من شأنه أن يجعل البرج يفقد فخامته .



التحسينات التي جعلتها لا غنى عنها للأرصاد الفلكية . وقد وجد بعد زمن نيوتن أنه من الممكن تجنب المتاعب الراجعة الى اللون أثناء مرور الضوء خلال العدسات باستعمال مجموعة من العدسات مصنوعة من أنواع مختلفة من الزجاج بحيث تبطل احداها ما تحدثه الأخرى من التششت ، ولكن ذلك الانكسار الحادث من مجموعة من العدسات كان كافيا لأن يعطى الصورة المطلوبة . ومثل هذه التجميعات العدسية يطلق عليها الآن التجميعات اللالونية ، أو التجميعات أو العدسات الأكروماتية .

وقد أدت تجارب نيوتن في التششت الضوئي الى تفسيره ذلك الطيف الموجود في السماء المسمى قوس قزح . لقد قام رئيس أساقفة سبالاته بمحاولة جريئة لتفسير قوس قزح . ومن المظنون أن هذه المحاولة دفعت نيوتن الى معالجة المشكلة . ورأى نيوتن أن ألوان قوس قزح كانت ناتجة لا من مجرد انكسار الضوء عند انتقاله خلال قطرات المطر فحسب ، بل أيضا الى انعكاس الضوء داخل القطرات نفسها . وبهذه الطريقة علل بطريقة مرضية تكوين كل من القوسين الابتدائي والثانوي .

وعلى ذلك فحتى سحر قوس قزح تناوله تفسير القانون العلمى . ولكن استمتعنا بهذا مثله مثل استمتعنا بغيره من مباحث الطبيعة قد ازداد بدلا من أن ينقص بالنظرة العميقة التي أسبغها العلم عليه . والحقيقة أننا كلما لاحظنا الطبيعة وجدنا سبلها أشد تعقيدا . وفي بعض الأحيان نجد بين الآثار المختلفة علاقات تكشف عن توافقات لم نكن نحاذر بها قط من قبل . ولكننا باستمرار كلما كشف لنا لغز عن أسرارها ، تفتحت ألغاز أخرى أمام أعيننا المتعجبة .

## ٧ - انتشار فلسفة نيوتن

ان نظريات نيوتن في الضوء واللون أدخلته في مجادلات ممقوتة . وامتدت تجاربه عشرين عاما ، ولكن لم تنشر أول طبعة من كتابه في البصريات حتى ١٧٠٤ ، وصدرت طبعة رابعة منه سنة ١٧٣٠ بعد وفاته بثلاث سنوات . وتتضمن هذه الطبعة أسئلة استفهامية أكثر مما تضمنتها الطبعة الأولى ، اذ أدرك نيوتن أن ما قد تعلمه كان أداة فقط لتريه كم تبقى أمامه من أمور كثيرة أخرى في حاجة الى الكشف .

وعلى الرغم من أهمية بحوث نيوتن في الضوء ، الا أن انجازاته الفذة العظيمة في الجاذبية بزتها ، وألقت ظلالا عليها . وبصرف النظر عن قيمة هذا العمل لرجال الرياضيات ، فانه حول أذهان جميع رجال الفكر الى مسالك جديدة . ولكن كان على الناس قبل أن يقدروا تعاليم نيوتن أن يتنازلوا عن تمسكهم بنظام ديكارت ، ولم تكن فلسفة ديكارت



قد تأصلت جذورها اطلاقاً في الأرض الانجليزية . وقد تكون أحد أسباب هذا أن أعظم العقول المستقلة النشطة مثل بويل ، وهوك ، ورين كانوا أكثر ولوعاً بالتجريب منهم بالنقاش . ويخسبنا بويل بالفعل أنه على الرغم من اعترافه بديكارت وبيكون كزعماء له ، إلا أنه لم يقرأ مؤلفاتهما قراءة جدية لكي لا يشغل باله بأية نظرية أو بأية مبادئ قبل أن يكون لديه من الوقت ما يجعله يبحث الأشياء بنفسه . وبسبب هذا الاختلاف في الاتجاه بالاضافة - كما ذكر سالفا - الى أن الديكارتية لم تكن وطيدة الأركان في انجلترا كما كانت في القارة ، كان أمام فلسفة نيوتن فرصة أفضل ليتقبلها الناس في انجلترا .

ولقد كرم نيوتن من جامعتيه ونصب فارساً بواسطة الملكة آن ، وسرعان ما عرف مواطنوه قيمة عمله . وبعد سنين قليلة من نشر كتاب « أصول الأشياء » ألقى محاضرات عامة في فلسفة نيوتن - أولاً في أدنبره ثم في لندن . وبذلت محاولات لتعريف النشء بمبادئ نيوتن . ونقرأ عن أكاديميات السادة الصغار حيث أضيفت رياضيات وفلك نيوتن الى البرامج الدراسية . وفي السنين الأولى للقرن الثامن عشر بدأت تظهر مذكرات في فلسفة نيوتن في الأبحاث الفرنسية . ولكن الفلسفة النيوتونية لم ترج في القارة الا بعد رجوع فولتير الى فرنسا بعد زيارته لانجلترا . وبذلك حل محل نظام ديكارت الفيزيائي بوسطه المتصل ودواماته المادية المتحركة نظام نيوتن الأبسط بكثير والأكثر شمولاً .

## ٨ - القانون العلمي

إن فكرة القانون التي ظهرت بوضوح في انجازات نيوتن كانت آخذة في النمو طوال القرن السابع عشر . إنها امتدت امتداداً كبيراً الى ما وراء صفوف رجال العلم ، وغيرت طابع التفكير لدى جميع الناس . لقد غيرت لغة الكتابات السياسية بأكملها . وبدأ الناس يستعيرون من العلم تعبيرات ويستعيرون أفكاراً كذلك ، مثل الموازنة ، والتوازن ، وهكذا التي ظهرت في مؤلفات عن النظرية السياسية . وبدأ الناس يطبقون طرق القياس في الأمور الحكومية . وعلى ذلك فقد نشأت بالفعل في القرن السابع عشر مبادئ العلم الذي نعرفه اليوم بعلم الاحصاء الحيوى . ويظهر تطبيق الطريقة العلمية على المشاكل البشرية في مؤلف لجريشيس ( ١٥٨٣ - ١٦٤٥ ) في القانون الدولى ، استنتج فيه من مجموعة كبيرة من المناقشات والأمثلة بعض مبادئ عامة بسيطة . وقد أثر هذا الكتاب في الفكر السياسى الأوروبى ، ومن ثم ، أثر عن طريق التشريع ، في حياة كثير من الناس .



وقد أوجد التعرف على أحداث الطبيعة التي تتم طبقا لسنن منسقة اتجاها أكثر تعقلا في الحياة العادية للناس ، فقد كان الناس فيما مضى يعتقدون في التأثيرات المعجزة . كان الفلاح يلقي اللوم على بعض القوى الحاقدة عندما كانت تهب عاصفة تدمر محاصيله . وكانت زوجته تعتبر قوى الشر مسئولة عن فساد هلامها . وكان معظم الرجاء والنساء في جميع أنحاء أوروبا لا يزالون يعتقدون في الساحرات في بدء القرن السابع عشر . وتنافس الكاثوليك والبروتوستانت مع بعضهم البعض في تعذيب واحراق أولئك التعساء الذين اتهموا بالشعوذة . كان هذا العصر من أظلم عصور التاريخ البشرى . ومع ذلك فبعد مائة عام بدا أن هذا الاضطهاد قد توقف فجأة . وفي أوائل القرن الثامن عشر ألغيت القوانين التي تحرم السحر في مختلف الممالك . فما سبب هذا ؟ ان الانسان لم يصبح فجأة أكثر رحمة ، ولكنه أصبح أكثر تعقلا فقط . لقد علم العلم الانسان قبل هذا الوقت حدود سيطرته على الطبيعة . ونتيجة لذلك أدرك أن توجيه اللوم الى مخلوق زميل لحسده ماشييته ، أو تسببه في محاصيل رديئة انما هو مجرد غباء . وعلى ذلك توقف الاضطهاد من أجل الشعوذة - وبما أن العلم علم الانسان أيضا شيئا من القوانين ، وشيئا عن ضخامة الكون ، فان الاعتقاد القديم في التنجيم - تحكم الكواكب في مصائر البشر - مات مorte طبيعية .

وادرأك الانسان أن هناك قانونا بسيطا تسير السموات والأرض بمقتضاه حرر الانسان تدريجيا من مخاوف خرافية أخرى . فمثلا ظلت المذنبات تعتبر زمنا طويلا نذرا لدهاية دهياء . ولكن في ختام القرن السابع عشر حسب هالي ( ١٦٥٦-١٧٤٢ ) صديق نيوتن مدار مذنب ، وتنبأ بعودته عام ١٧٥٧ ، وأجرى تقديراته طبقا لمبادئ الجاذبية . ومما أثار دهشة الدنيا المتعجبة أن المذنب ظهر في ميعاده في الوقت المتنبأ به . وقد دعى بمذنب هالي .

وفي القرن التاسع عشر أيضا في فترة تقدم فيها الفلك تقدما ملحوظا اكتشف جـون كوتش آدمز ( ١٨١٩ - ١٨٩٢ ) ، وايرين ليفيرير ( ١٨١٦ - ١٨٧٧ ) الفلكى الفرنسى الكوكب نبتون ، وكان كل منهما يعمل مستقلا عن الآخر . وقد لاحظ تباينات بين المواقع المشاهدة لكوكب يورانوس ، والمواقع المحسوبة طبقا لقانون الجاذبية . واستنتج كل من هذين الباحثين أن يورانوس لا بد أن يكون مجذوبا بواسطة كوكب ما بعيد جدا لم يشاهده انسان حتى ذلك الوقت . ونتيجة لذلك قاما بحساب المكان الذى كان لا بد أن يقع فيه مثل هذا الكوكب بحيث يحدث التباينات التى شاهدها . وأرسل آدمز الى رجال الأرصاد فى كيمبردج مبينا لهم في أي أقاليم السماء ينبغي عليهم أن يبحثوا عنه . وأرسل ليفيرير نتائج



لمساعد له في برلين . وقد كان آدمز هو الأسبق في تقديراته ، وثقلته كانت هناك في برلين خرائط نجمية أفضل من التي في كيمبريدج حتى أن الكوكب الجديد شوهد لأول مرة فعلا من برلين ، واكتشف في المكان الذي حددته النظرية . وقد أصبح هذا الكشف الذي اعتبر نصرا لنظرية الجاذبية في حيز الامكان بواسطة التلسكوبات التي أدخلت عليها تحسينات هائلة والتي كانت ميسورة في ذلك الوقت وبواسطة رسم الخرائط للسموات الذي تجلت فيه الأناة والجلد والذي أخذ يخطو قدما بخطى منتظمة منذ عصر نيوتن .

ومنذ اثبات قانون الجاذبية لأول مرة أخذ رجال العلم يواصلون البحث . وكانوا يجدون دوما أمور الطبيعة تسير طبقا لسنن ثابتة . وأصبحت هذه معتبرة كنظريات عامة أو قوانين بسيطة وبدلا من المناقشة والتبويب كما كان الأمر في العصور الوسطى أصبحوا يشاهدون ويقيسون ويحسبون . وبمجرد أن سيطر هذا الاتجاه الجديد على خيال الناس أصبح تقدم العلم أمرا لا شك فيه . ان القصة هي قصة أخطاء ومشقة وحنين ، قصة كد عسير ، ولكنها قصة تقدم مستمر يبدأ أحد النابغين من حيث ينتهي الآخر . يكرس أحدهم حياته للبحث المعمل ، ويستعمل الآخر ما توصل اليه الباحثون من نتائج لفائدة البشر . وعلى ذلك فان العلم يزدهر ويتجدد على الدوام .



## الفصل السادس

# العام في السورة الصناعية

ان نواحي التقدم العلمى الهائل فى القرن السابع عشر كان راجعا الى فئة قليلة من زعماء الفكر ، ولم تقتل اكتشافاتهم العظيمة اختراعات مدهشة على الفور . وأنه لصحيح انه كانت هناك تطبيقات معينة للعلم فى بعض مشاكل الحياة اليومية بواسطة رجال العلم ذاتهم . فمثلا ألقن هيجينز صناعة ساعة للبندول ، وصمم الزنبرك الذى استعمل فيما بعد فى ساعات الجيب . واخترع رين كثيرا من الآلات ذاتية التسجيل ذات جهاز مكون من عجلات مسننة وتروس وزنبركات . وكانت تتم التسجيلات فيها بشكل مستمر بواسطة قلم يتحرك فى أسطوانة دائرية . وكان أيضا أول من اقترح استعمال البارومتر فى التنبؤ بالجو . ومع ذلك كانت الاختراعات التى تمت فى القرن السابع عشر قليلة بالنسبة للنشاط العلمى العظيم لتلك المدة . ومن جهة أخرى كان القرن الثامن عشر فترة تدعيم للمعرفة العلمية أكثر مما كان فترة اكتشافات مثيرة ، ولكنه كان قرنا اشتهر باختراعاته .

وكان هناك من الطبيعى تحسينات فى صناعات القرن السابع عشر ، حيث ان الصناع المهرة كانوا على الدوام يفيدون من تجربتهم . ولكنهم كانت تنقصهم المواد اللازمة لانشاء آلات ذات أثر فعال . وكانت تتكون مثل تلك الآلات التى وجدت حينئذ كمكينات النشر ، والأجهزة الميكانيكية الصغيرة مثل ماكينة التريكو ، ونول الأشرطة غالبا من خشب يرتبط بأجزاء معدنية . ولكن الخشب كان بالطبع غير مناسب اطلاقا للآلات التى يجب أن تكون مقاومة للحرارة ، أو التى يلزم أن ينزلق فيها جزء بسهولة داخل جزء آخر . ونتيجة لذلك فان الآلات التى من النوع المألوف لنا اليوم كانت ممكنة فحسب بعد أن وقف الناس على طرق فعالة للاستفادة من المعادن . وفوق ذلك كان يتطلب التحكم فى مثل تلك الطرق معرفة بالكيمياء . ولذلك فعند تتبعنا لأثر العلم فى التغيير العظيم الذى حدث فى



السنين الأخيرة من القرن التاسع عشر والمعروف بالثورة الصناعية يجب أن نبدأ البحث عن كيفية توصيل الإنسان لاستخدام الحديد ، وهو أنفع المعادن كلها وأكثرها ذيوغا .

## ١ - الحديد والصلب

لا يوجد الحديد نقيا في الطبيعة ، ولكنه يوجد دائما متحدا بعناصر أخرى (١) . انه يوجد غالبا متحدا مع الأكسجين على هيئة اكاسيد . وكان استخلاص الحديد من خاماته أمرا معروفا منذ الماضى السجيق . وقد بقيت الطرق التي كانت تتناسب فقط مع كميات صغيرة من الخامات النقية هي لم تتغير لمئات من السنين . وكانت الطريقة المستعملة في القرن السادس عشر تتلخص في وضع طبقة من الفحم النباتي في بوتقة قليلة الغور واسعة في موقد في الخلاء تتأجج فيه نار حامية . وكان يغطي الفحم النباتي بعد ذلك طبقة من الخام المجروش مخلوطة بقليل من الجير ، ثم تضاف بعد ذلك طبقة أخرى من الفحم النباتي ، ثم طبقة من الخام ، وهكذا . وكان المخلوط يسخن تسخيناً شديداً بنفخ النار بمنافخ . وكان هذا من شأنه رفع الحرارة الى درجة تكفى لجعل الفحم النباتي يتحد مع اكسجين الخام تاركا حديدا ( لوحة رقم ١٥ ) (٢) .

وكانت طريقة استخدام نوع من الكربون في تسخين الخام تستعمل منذ ذلك الحين مع تحسينات في التفاصيل عند استخدام كميات كبيرة . وكان المعدن الذي يتحصل عليه بهذه الطريقة يحتوى دائما على كربون خالص وكذلك كربون متحد بالحديد . وهذا من شأنه اعطاء الحديد خواصه التي يتميز بها .

ويمكن انسيابه وهو منصهر الى قوالب . وحيث انه يتمدد حينما يتصلب فان القالب يمتلىء به امتلاء محكما . ولذلك فحينما يؤخذ هذا الحديد المسبوك يترك وراءه طبعة واضحة ، ويعرف مثل هذا الحديد بالحديد الزهر . ويمكن الحصول على نوع من الحديد أنقى من ذلك بكثير بالتخلص من الكربون في الحديد الزهر بواسطة أكسدته . ويمكن تشكيل هذا الحديد بسهولة عندما يكون ساخنا بواسطة الطرق . وهذا الحديد هو المعروف بالحديد المطاوع . وقد استعمل زمنا طويلا للأغراض الزخرفية ، فالأبواب الزخرفية الجميلة لمبنى القساوسة في دير وستمنستر مثلا مصنوعة من حديد مطاوع يرجع تاريخه الى القرن الخامس عشر .

---

( ١ ) لا يوجد في الطبيعة حديد نقي الا الحديد المتخلف عن الشهب والنيازك ( المترجم )

( ٢ ) هذه الطريقة موضحة في مؤلف لجورج أجر يكولا ( بازل ١٥٥٦ )



ويقع الصلب فى درجة وسطى من النقاوة بين الحديد الزهر والحديد المطاوع مباشرة . وهو يتكون من حديد وكربون وآثار من عناصر أخرى . وقد ظل الصلب يصنع مدى قرون بتسخين الحديد المطاوع مع الفحم النباتى ، وبعد ذلك تقسى الكتلة الملتهبة بالماء . وبهذا يكتسب المعدن صلابة وقوة عظيمتين ، ويكون فى الاستطاعة شحذه وعمل شفرات حادة منه . ولذلك كان يستعمل لصناعة أنصال السيوف ، وكانت صناعتها فنا دقيقا . وتوجد قصص الأبطال الذين يصنعون سيوفهم المظفرة فى القصص الشعبية لكثير من الأقطار . ويرينا هذا قدم مثل تلك الطرق .

وازدهرت صناعة الحديد أيام الملكة اليصابات فى الجزء الجنوبى الشرقى من انجلترا . وكان يحصل على الفحم النباتى اللازم لصهر الخام من الغابات القريبة . ولكن الخشب كان مطلوبا كذلك لبناء السفن وللببوت ، ولذلك أصبح من الضرورى الحد من اتلاف الغابات عن طريق التشريع . وعلى ذلك فكلما نمت صناعة الحديد كان على الناس أن يبحثوا لهم عن بديل للفحم النباتى ، وقد وجدوا هذا فى فحم الكوك وهو نوع من الكربون يتخلف بعد تقطير المواد القابلة للاشتعال بسهولة من الفحم . وشاع استعمال الكوك فى صناعة الحديد حوالى منتصف القرن الثامن عشر ( ١ ) . وكانت أسهل الأماكن التى يتيسر فيها الحصول على الكوك هى طبعها الأماكن التى تقع بجوار مناجم الفحم ، وذلك توفيراً لتكاليف نقل الكوك . وفى انجلترا توجد رواسب الحديد الطبيعية قريبة من رواسب الفحم ، ولذلك ازدهرت صناعة الحديد بسرعة . وأقيمت أفران أحسن ، وأوجدت طرق لتطريق الحديد الى صحائف . وسرعان ما أنتج الحديد الزهر والحديد المصفح بكميات كبيرة . وفى منتصف القرن الثامن عشر أقيمت أول قنطرة صنعت من الحديد الزهر فى كولبروكدال فى منطقة شروبشير ، واستعملت القضبان الحديدية لتجرى عليها عربات النقل المستعملة فى المناجم بدلا من القضبان الخشبية التى كانت مستعملة الى ذلك الوقت . وكان كل شىء معدا لانتاج الآلات الحديدية بمجرد انتهاء المخترعين من وضع تصميماتها . وكان لا بد أولا من حدوث تقدم فى صناعة المآدن .

---

( ١ ) وفى الفترة التى تخللت هذا أدخلت عدة تحسينات على صهر الحديد وكان مصدرها أجزاء مختلفة من القارة ، وعلى الأخص مملكة الوالون ( الأجزاء الجنوبية والجنوبية الشرقية من بلجيكا والأقاليم المجاورة من فرنسا )

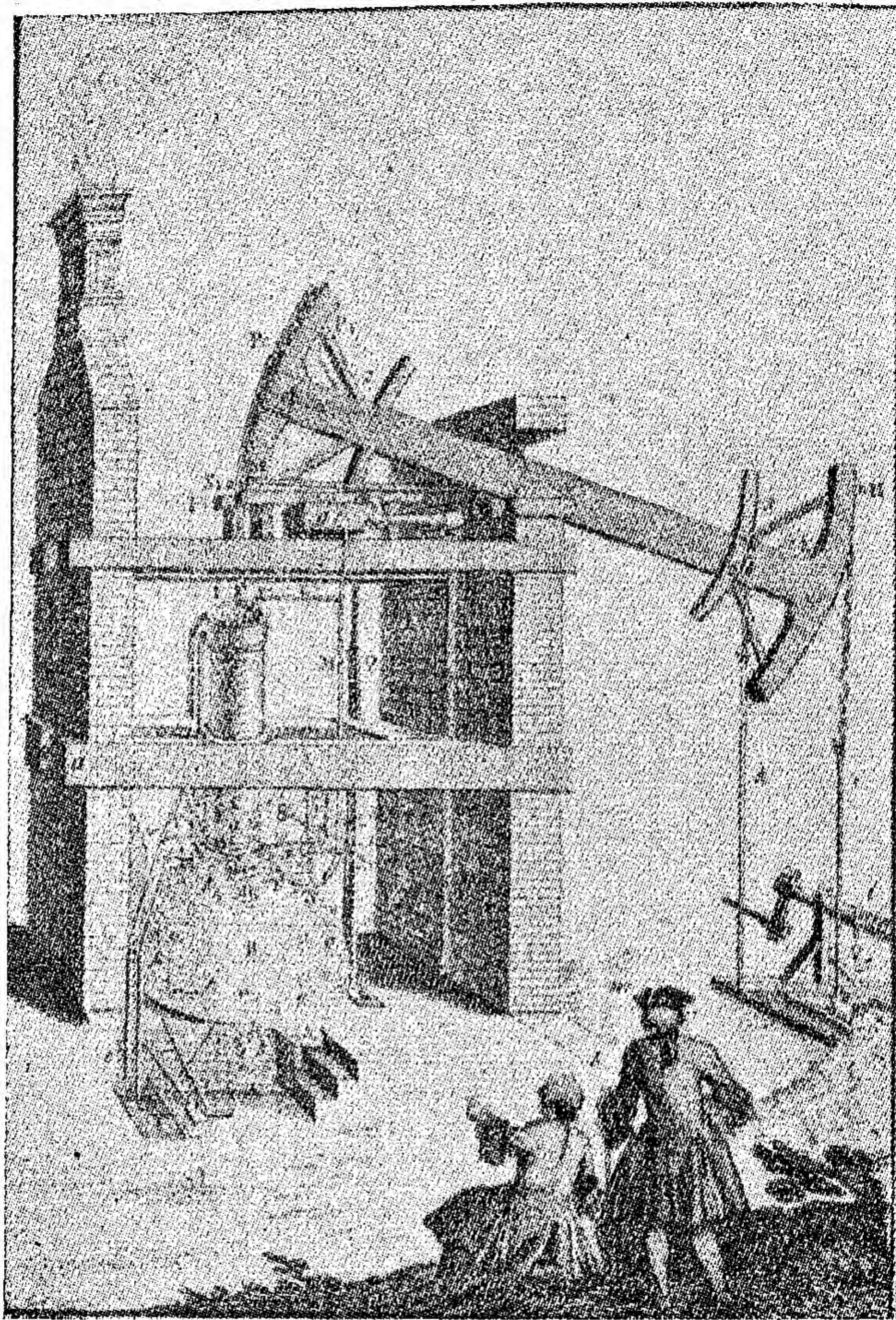




صهر الحديد

من لوحة خشبية لاجريكولا بخصوص الاشياء المعدنية ، بازل عام ١٥٥٦





آلة بخارية قديمة لرفع الماء ، من نقش عام ١٧٤٧



## ٤ - الآلات البخارية

كانت هناك محاولات كثيرة سابقة لاستعمال البخار في القيام بالعمل الميكانيكى - وبمعنى آخر لصناعة آلة بخارية . وكانت المعلومات العلمية اللازمة لصناعة آلة بخارية معروفة بالفعل معرفة جيدة في ختام القرن السابع عشر . ونتج عن ذلك ان كان الناس على دراية بالضغط الجوى، وعرفوا كيفية الحصول على ضغط منخفض أو ما يسمى « فراغا » بطرد الهواء بواسطة البخار ، ثم بتكثيف البخار بعد ذلك بالتبريد . وبجانب تلك الطرق العملية كانت هناك أيضا بعض المعلومات عن النظرية المنطوية على هذا . وعلى ذلك فحص بويل العلاقة بين حجم الغاز ، والضغط الواقع عليه في الأيام الأولى للجمعية الملكية . ولكن على الرغم من أن المعلومات الأساسية كانت ميسورة ، فقد مضى وقت طويل قبل أن تحل آلات أكثر كفاية ويمكن أن تكون ذات نفع حقيقى للانسان محل الآلات الأولى الثقيلة الحركة ( لوحة ١٦ ) .

واتخذت الخطوة الأولى الهامة بواسطة توماس نيوكومين ( ١٦٦٣ - ١٧٢٩ ) أحد أهالى دارتموث ، وكان يعمل في تجارة الحديد . وقد تبودلت بين نيوكومين وهوك خطابات وقف بها نيوكومين على المناقشات التى كانت تدور بين الزملاء فى الجمعية الملكية عن امكانية ايجاد آلات بخارية . وبعد محاولات عديدة صنع نيوكومين آلة ضخ بسيطة استخدمت بسرعة فى رفع الماء من مناجم الفحم ، وكانت مشكلة ملحة فى تلك الأيام . وكانت آلة نيوكومين تتكون من غلاية ومكبس يتحرك داخل أسطوانة كما هى الحال فى مكبس منفخ الدراجة . ولكن بينما يتحرك هذا المكبس الى أسفل وإلى أعلى باليد ، كان المكبس فى آلة نيوكومين يندفع الى أسفل بواسطة الضغط الجوى . كان الهواء يطرد أولا من الأسطوانة بواسطة البخار ، وبهذا يدفع الأسطوانة الى أعلى ، ثم ينقطع سبيل البخار وتبرد الأسطوانة برشها بالماء . وبذلك يتكثف البخار ويقل الضغط داخل الاسطوانة . ونتيجة لذلك يدفع ضغط الهواء الأكبر فى الخارج المكبس الى أسفل وبهذه الطريقة كانت تعمل المضخة كما يتضح من الشكل ( شكل ٢٤ ) .

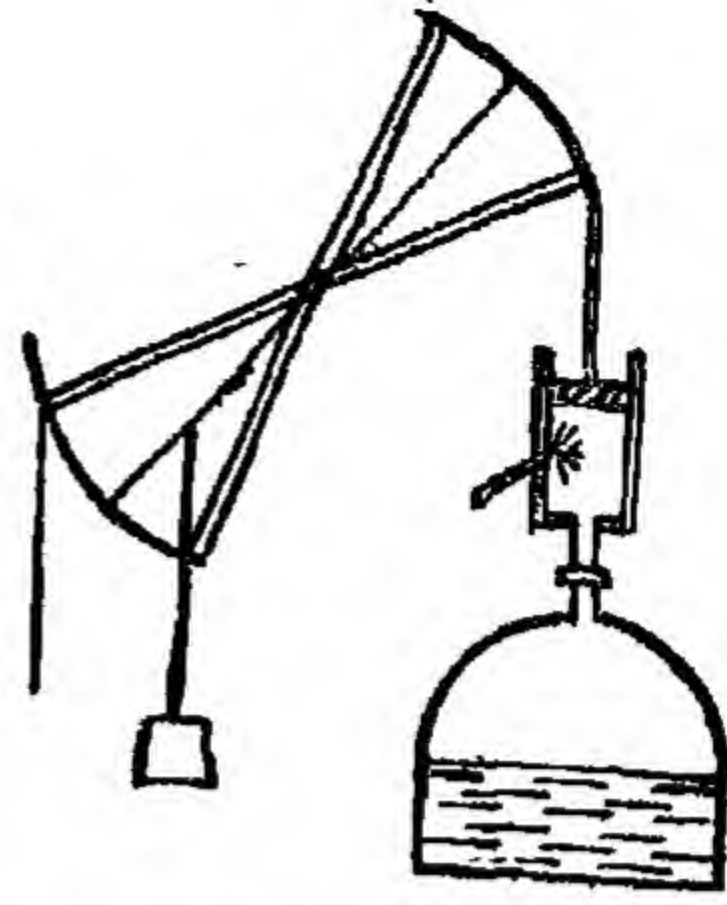
وكان لا بد فى الآلات الأولى لنيوكومين أن تفتح وتوصد الصنابير التى تتحكم فى ادخال البخار ورذاذ الماء البارد لتبريد البخار باليد . ولذلك كانت الآلات فى حاجة الى ملاحظة دائمة . وقد قيل ان صبيا كان يعمل ملاحظا ذات مرة فوجد أن عمله كان مضمنا بدرجة أن اخترع صماما كيفما كان قام بعملية الفتح والايصاد بدلا منه مما تركه حرا يلعب مع رفاقه . لقد أخذ بفكرته وسرعان ما جهزت آلات نيوكومين بصمامات كانت تفتح وتقفل بواسطة تحريك الذراع .



( شغل ٢٤ )

آلة نيوكومن

عند فتح الصمام كان البخار يدخل من الغلاية الى الاسطوانة ويدفع المكبس الى أعلى . عندئذ كان يتكشف البخار بواسطة رذاذ ماء بارد . ونتيجة لذلك كان الضغط يقل في الداخل ، فيدفع الضغط الجوي من الخارج المكبس الى أسفل مرة ثانية



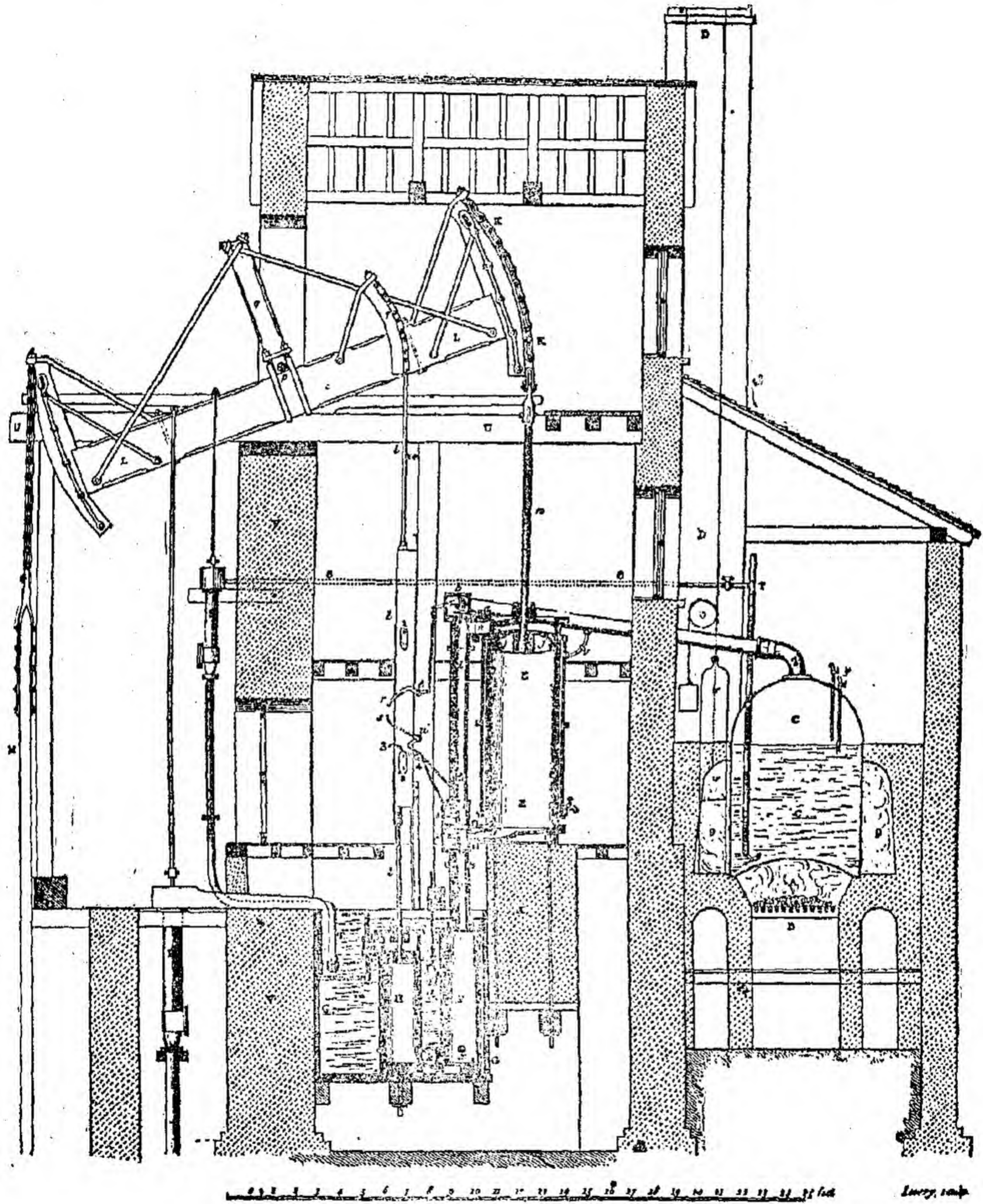
وأنت الخطوة الثانية في سبيل تحسين الآلة البخارية عن طريق تطبيق المبادئ الجديدة . وكان الفضل في هذا يرجع الى جيمس وات ( ١٧٣٦ - ١٨١٩ ) لقد صار وات عاملا ميكانيكيا في جامعة جلاسجو بعد فترة مران قصيرة كصبي صنعة في لندن . ولذلك فقد كان لديه فرص الاتصال الشخصي بأساتذة الجامعة . وكان من بينهم جوزيف بلاك ( ١٧٢٨ - ١٧٩٩ ) الذي كان أول من اعتبر الحرارة شيئا يمكن قياسه . وقد أبان أنه حينما يدفع بالبخار في الأحوال العادية الى الماء البارد ، فإنه يرفع درجة حرارة ما يساوي وزنه ست مرات من الماء الى درجة الغليان . وأطلق على هذه الكمية الكبيرة من الحرارة التي تنبعث عن تكثيف البخار حرارة البخار الكامنة أو الخفية . وقد أخبر وات بهذه النتائج مما أدى بهذا الرجل الأصغر منه سنا أن يفكر ويجري تجارب لنفسه .

وذات يوم أعطى وات نموذجا لآلة نيوكومن لاصلاحه . لاحظ الطريقة التي يعمل بها ، وأدرك أن تسخين وتبريد الاسطوانة كان ينتج عنه ضياع كمية كبيرة من الحرارة . عندئذ طرأت على ذهنه مصادفة فكرة فصل الاسطوانة عن المكثف ، والاحتفاظ بالاسطوانة ساخنة بقدر الامكان بتغليفها بعلبة بخار . وكانت هذه هي الخدمة الكبرى التي أسداها للآلة البخارية . وسرعان ما صار بعد ذلك شريكا في شركة هندسية كبيرة في بيرمنجهام . وهيمآله هذا فرصا عديدة لاجراء التجارب . وواصل ادخال تحسين بعد الآخر . وفي النهاية صنع آلة وجد أنها تستعمل فقط ربع الوقود الذي تحتاج اليه آلة من نوع آلات نيوكومن القديمة . ولذلك فسرعان ما استخدم أصحاب المناجم آلة وات الأكثر توفيراً للنفقات .

وفي السنين الأخيرة من القرن الثامن عشر تطلبت صناعة الحديد النامية كميات ضخمة من الكوك للصهر . وكان هذا معناه ضرورة الحصول على مزيد من الفحم ، وتعميق المناجم الموجودة بدرجة كبيرة . ولذلك عظم الطلب عن أى وقت مضى على الآلات البخارية لضخ الماء من



المناجم ( شكل ٢٥ ) ، وكانت الآلات البخارية نفسها في حاجة الى  
 فحم . وسرعان ما استخدمت الآلات البخارية علاوة على ذلك في ادخال  
 التيار الهوائي اللازم لصهر الحديد الى الأفران اللافحة . واستخدم كثير



( شكل ٢٥ )  
 مضخة وات المبردة للاتجاه



من الحديد الذي حصل عليه بهذه الطريقة لصناعة المزيد من الآلات ،  
ولذلك ازدهرت سويا صناعة الفحم والحديد والآلات ازدهارا سريعا .

ولادخال تيار هوائى أو لضخ الماء كان من الضرورى فقط تحريك  
الآلة البخارية إلى أعلى وأسفل . ومع ذلك لاحظ وات بسرعة مزايا آلة  
تتحرك حركة دائرية مستمرة . وفى عام ١٧٨٢ سجل اختراع آلة  
« مزدوجة العمل » كان طرفا الاسطوانة بها يتصلان بكل من الغلاية  
والمكثف بالتناوب . وعلى ذلك كان الكباس يدفع بالذراع ويشده  
كذلك . ونتيجة لذلك أصبحت الآلة أقوى . وبواسطة ذراع تدوير ،  
يمكن مشاهدة المبدأ القائم عليه فى المخرطة وفى مدوس مكنة الحياكة .  
تحولت حركة المكبس الأمامية الحلقية الى حركة دائرية . وكان كل شئ  
معدا الآن للاستعمال الواسع المدى للآلة البخارية فى المطالب العملية .

### ٣ - القارب البخارى والقاطرة البخارية

بمجرد صنع وات لآلة بخارية تسبب حركة دورية ، لم يكن أمام  
المهندسين الا أن يقوموا بترتيب التفاصيل اللازمة لتجهيز القوارب بآلة  
بخارية مناسبة وجعلها تقوم بتحريك عجلات التدفيع وبذلك تحرك  
القارب . أو يمكن أيضا للآلة البخارية أن تحرك عجلات عربة تجرى على  
قضبان مع بعض التفاصيل الانشائية المناسبة . ولذلك ظهر القارب  
البخارى والقاطرة البخارية مباشرة نتيجة لاكتشاف وات . على الرغم  
من أنه كان لا بد من دراسة كثيرة قبل أن يصبح أى منهما ذا أثر فعال .

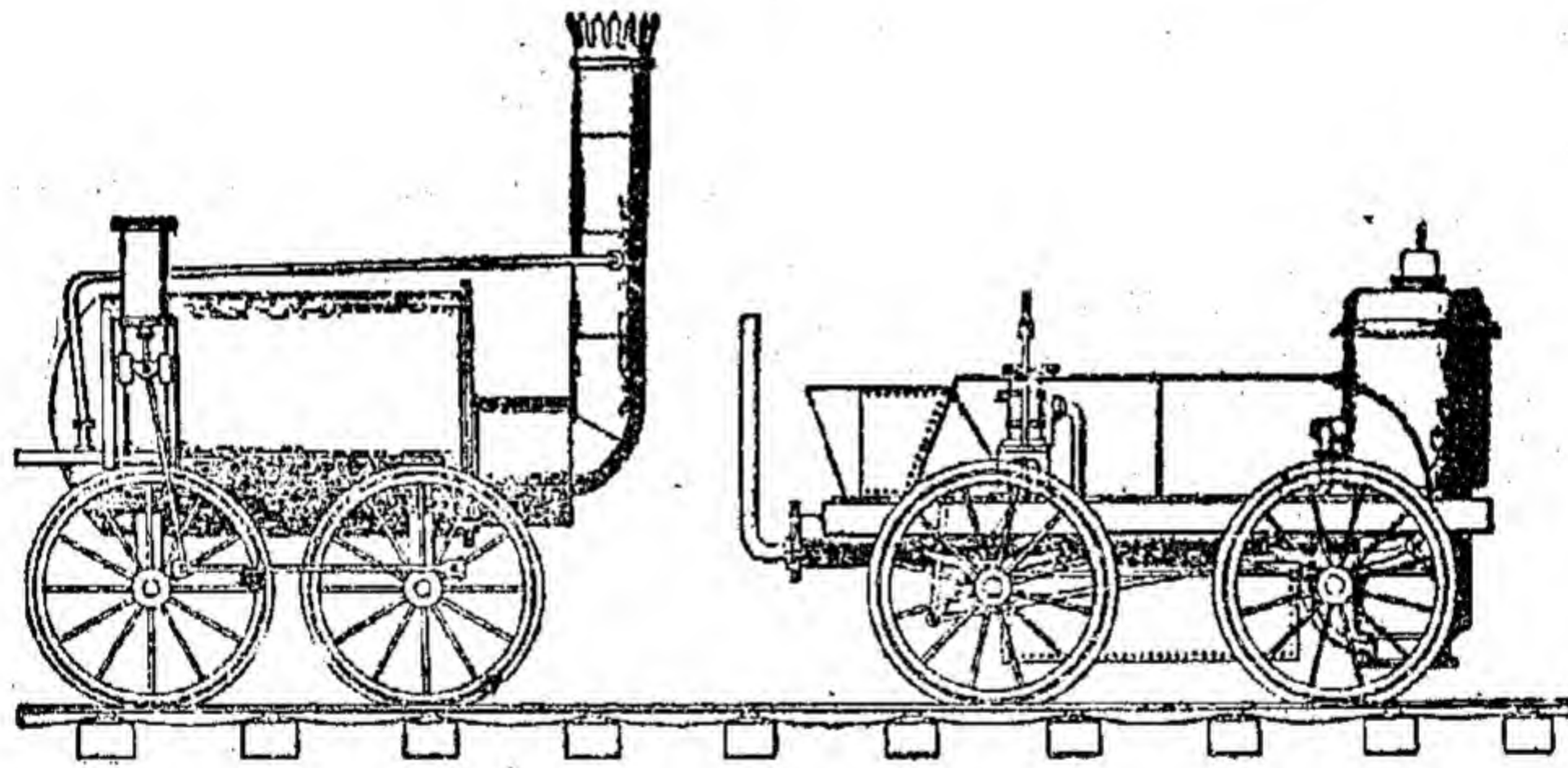
وجرب أول قارب بخارى ناجح سنة ١٨٠٢ فى مضيق كلايد ، اذ  
وصلت آلة وات المزدوجة الحركة بعمود يدير عجلة تدفيع فى مؤخرة  
القارب . وبعد ذلك بعشر سنوات سیرت باخرة ذات عجلتى تدفيع  
جانبيتين لنقل الركاب على نهر الكلايد . ومع ذلك فخلال النصف الأول  
من القرن التاسع عشر تقدم القارب البخارى تقدما بطيئا نوعا حتى حينما  
شاع استعمال الحديد كمادة فى بناء السفن . وقد وجد أن البواخير  
التدفيفية غير مأمونة فى البحار الهائجة . ولم تبني عابرات المحيط القوية  
الا بعد أن جعلت الهندسة العملية والطرق الأفضل لاستعمال الصلب فى  
الانشاءات البواخر اللولبية أمرا عمليا .

وفى الوقت الذى ظهر فيه أول قارب بخارى بذلت عدة محاولات  
ناجحة لانشاء قاطرة بخارية . وعلى الرغم من تلك المحاولات فان هذا  
التطور اقترن باسم جورج ستييفنسون ( ١٦٨١ - ١٨٤٨ ) اقترانا تاما  
لدرجة أننا لا نذكر الا اياه فحسب . وحيث انه نشأ فى منزل فقير فى  
منطقة تعدين ، فقد كانت دائرة ذكرياته الأولى لا تتعبدى الآلات التى



تمتليء شحما ، وأكوام الفحم التي يتصاعد الدخان منها . لم يلتحق بمدرسة ولكنه بدأ العمل وهو صبي . وكان أول عمل قام به هو مساعدة والده في قذف الفحم بالجاروف داخل فرن إحدى مضخات وات . وكان هو في سن السابعة عشرة لا يزال غير قادر على القراءة ولكنه بدأ حينئذ يتعلم لكي يقرأ عن الآلات . وسرعان ما انتصرت مواهبه العجيبة على عدم تعلمه المبكر ، وادى ولعه بإمكان الجر البخاري أن يقوم بالتجارب لحسابه الخاص أثناء فراغه الضئيل .

وفي النهاية أسند رؤساء ستيفنسون له مهمة ملاحظة انشاء قاطرة بخارية ، وقد أدى ستيفنسون الكثير بيديه . وكانت النتيجة انشاء آلة ذات حجم ضخم أقصى سرعة لها أربعة أميال في الساعة . وكانت تحتاج زيادة على ذلك الى كمية كبيرة من الفحم بدرجة أن الطريقة القديمة طريقة استخدام الجياد في جر العربات كانت أرخص بكثير كما كانت أسرع كذلك . ويمكن مشاهدة كثير من قاطرات ستيفنسون الأولى بمداخلها العالية ، وأجسامها المصنوعة من حديد زهر سميك في متحف العلم في سوث كينسينجتون ( شكلا ٢٦ ، ٢٧ ) .



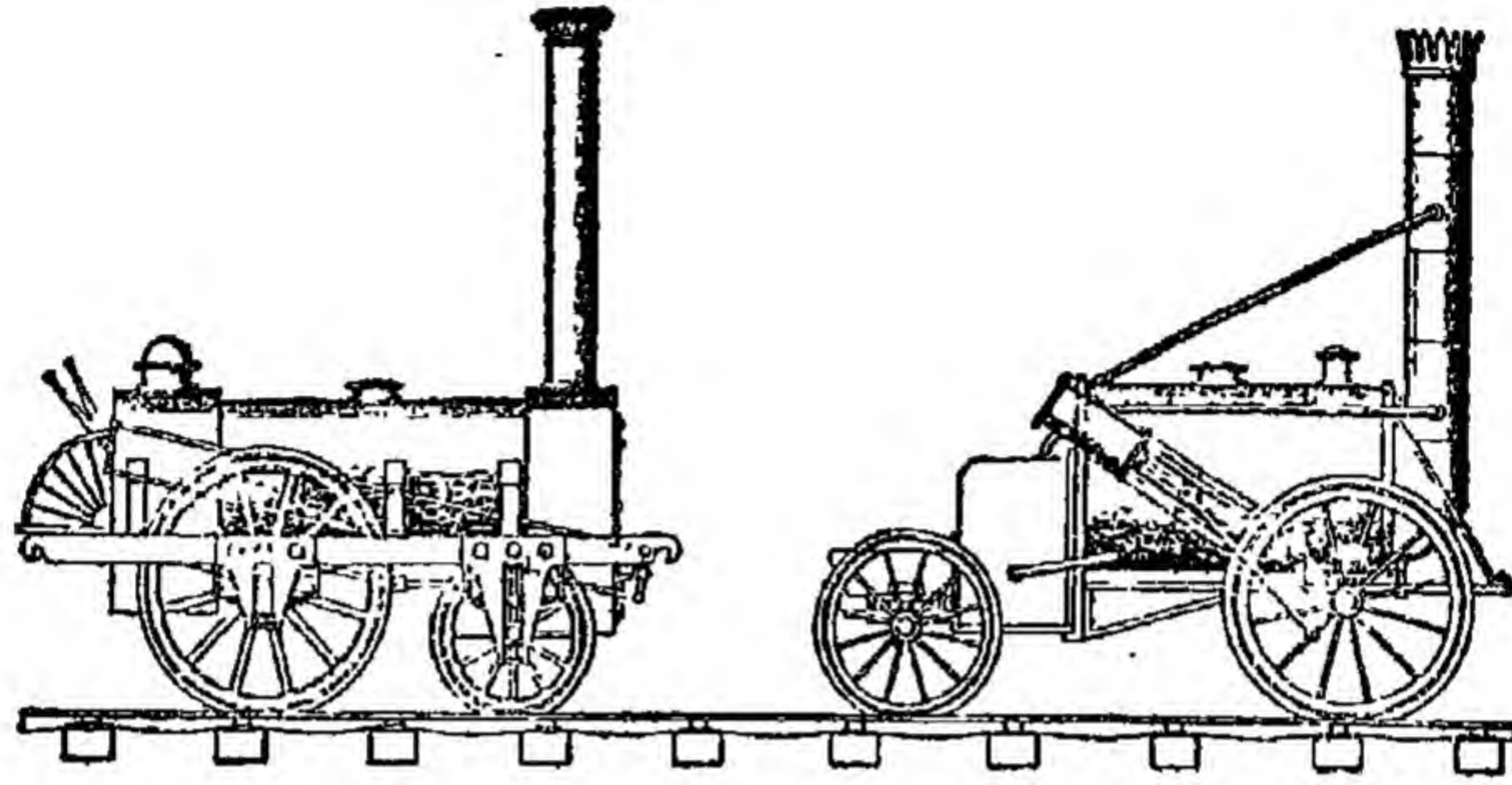
( شكل ٢٦ )

رسوم تبيانية لأنواع قديمة من القاطرات نشرت عام ١٨٣٤  
تبين الصورة بوضوح جهاز ذراع التدوير الذي تحدث بواسطته حركة الكباس الى اعلى واسفل  
في الاسطوانة الرأسية الى حركة دائرية مستمرة للعجلات

وعلى الرغم من مرات الفشل العديدة التي واجهت ستيفنسون فإنه واصل العمل ، اذ سرعان ما أدخل تحسينا أدى الى اخراج البخار خلال أنبوبة في مدحنة الغلاية بعد دفع المكبس . وقد أدى هذا الى ايجاد نيار زائد من الهواء جعل الفرن يتأجج بسرعة مما نتج عنه ازدياد قوة القاطرة . ومن ذلك الوقت فصاعدا استخدمت قاطرات ستيفنسون لنقل الفحم في مناطق كثيرة .



وظلت القاطرة البخارية عدة سنين تعتبر مجرد وسيلة لنقل البضائع الثقيلة ، ولم يدر بخلد انسان قط حتى ذلك الوقت ان تستعمل لنقل المسافرين • ومع ذلك تنبأ ستيفنسون أن السكك الحديدية ستحل محل عربات اليد ، وانه سيأتي اليوم الذي ستكون فيه رخيصة لدرجة أن العمال لن يصبحوا بعد ذلك في حاجة الى السير لمكان عملهم اليومي •



( شكل ٢٧ )

انواع قاطرات ظهرت فيما بعد

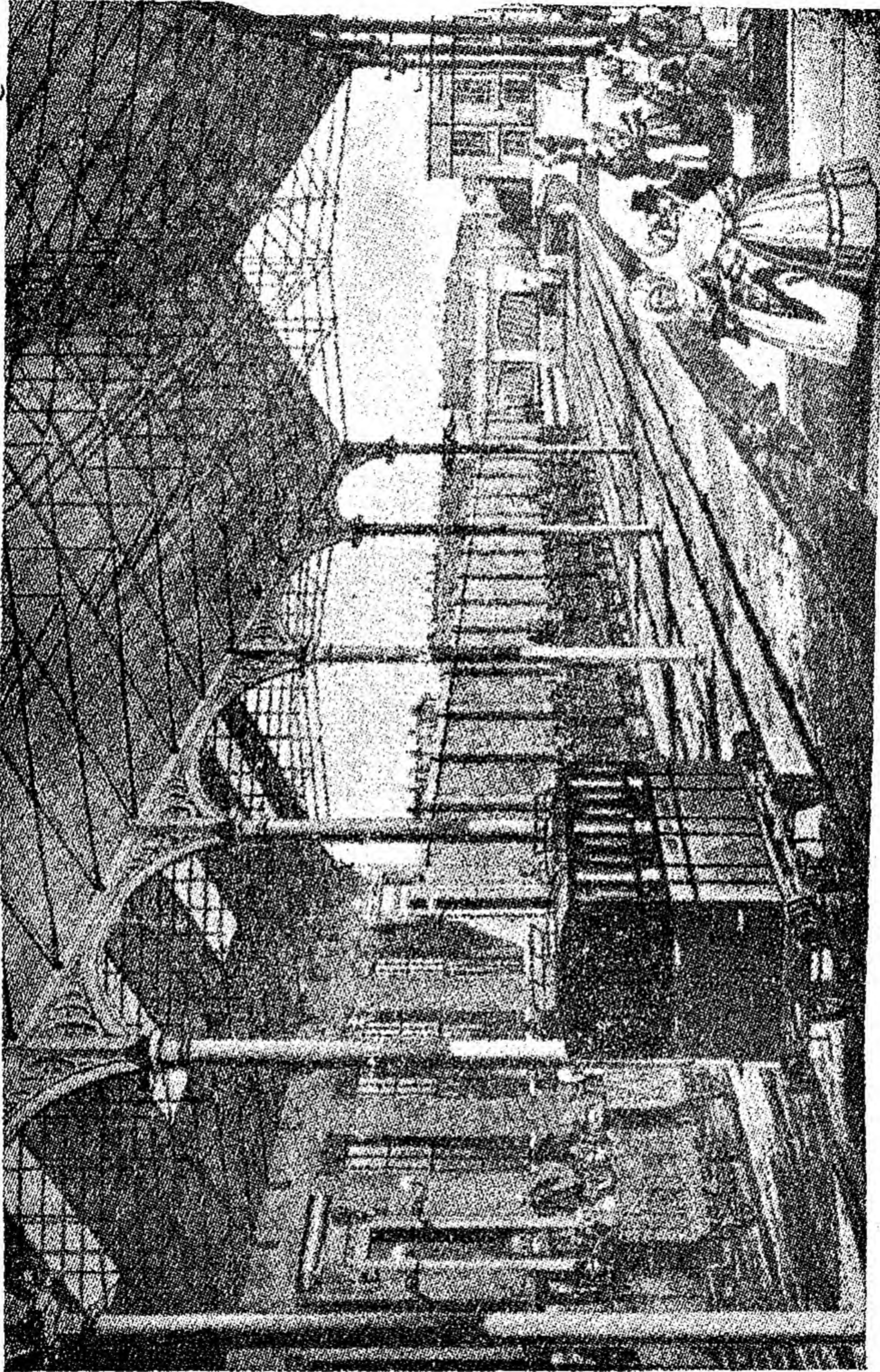
من رسوم توضيحية نشرت عام ١٨٢٤ تظهر الاسطوانة في وضع مائل بدلا من الوضع الرأسي كما في الانواع التي ظهرت قبل ذلك

وبدا في أول الأمر أن تنبؤاته كانت مفرطة في التفاؤل أكثر من اللازم • وقد افتتحت سكة حديد ستوكتون ، ودارلنجتون عام ١٨٢٥ • ولكن استعمالها في أول سنة برهن على أن القاطرات البخارية كانت تكاليفها أكبر بكثير من القطارات التي كانت تجرها الجياد كما كانت غير موثوق بها ، وذلك لأن القاطرات غالبا ما كانت توقفها الرياح الشديدة • وزيادة على ذلك فقد كان الشعور العام معبأ بدرجة كبيرة ضد القاطرات البخارية التي أثارت على الأخص حنق أصحاب القنوات • وطبعت نشرات تقول ان السكك الحديدية ستمنع البقر من الرعى والدجاج من البيض ، وأنها في الحقيقة مناقضة لسنة الله •

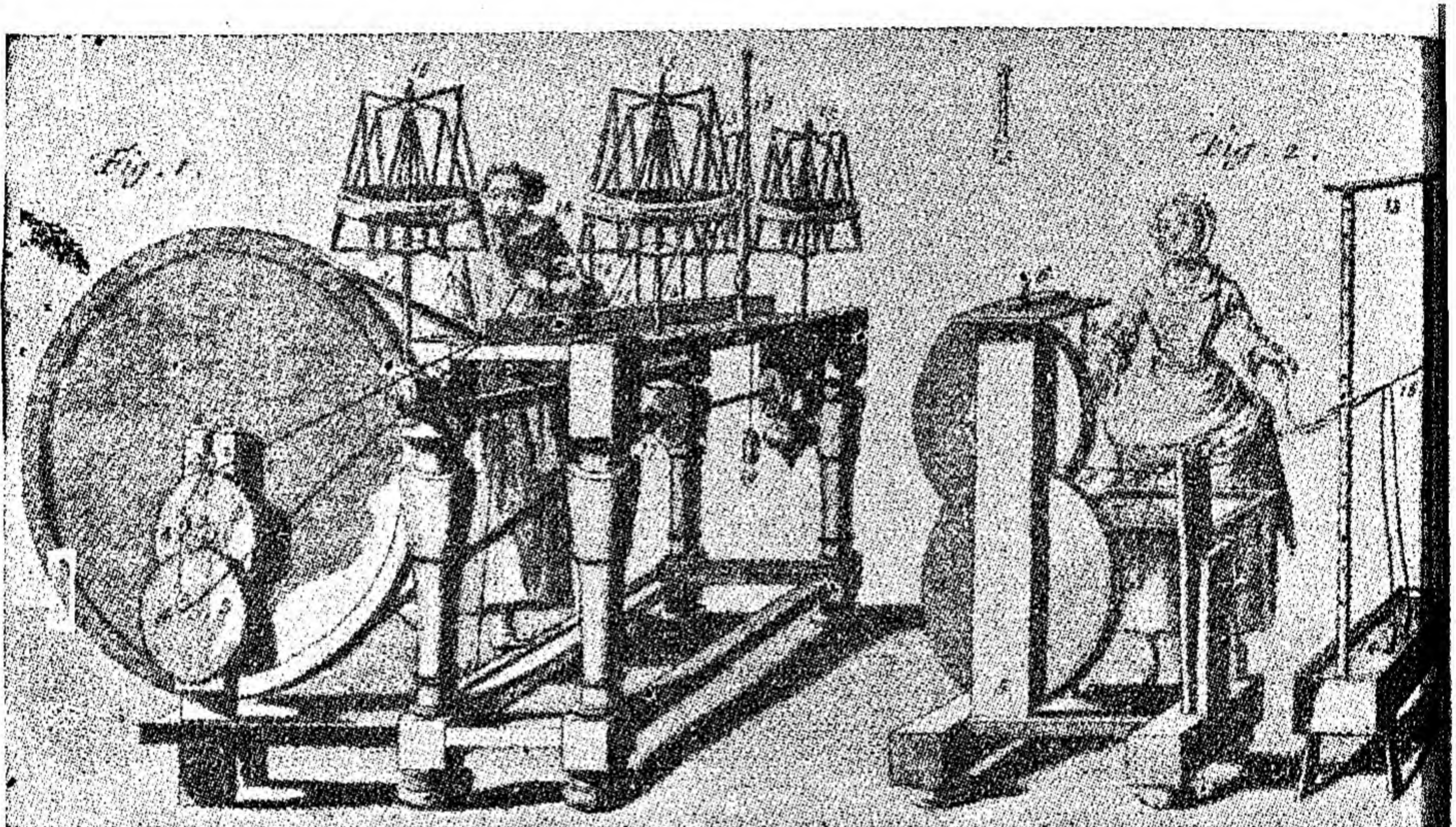
ومع ذلك واصل ستيفنسون وآخرون غيره اضافة تحسين بعد الآخر على القاطرة • وسار منشئو السكك الحديدية قدما بمشروعاتها • وحفروا الأنفاق في التلال وأنشئوا أميالا من الخطوط الجديدة • وفي النهاية قدمت جائزة ألف جنيه لأحسن قاطرة • وقد ربح الجائزة ستيفنسون الذي بلغت سرعة قاطرته المسماة الصاروخ والتي قادها بنفسه ٣٥ ميلا في الساعة •



قطار قديم لمترو القاهرة  
١٨٩١







آلات ميكانيكية قديمة للغزل



ويعد هذا النجاح بدءا للسكك الحديدية الحديثة ( لوحة ١٧ ) وقصد قامت الملكة فيكتوريا برحلتها الأولى في قطار السكة الحديد عام ١٨٤٢ . وربطت في العشر سنوات التالية مدن انجلترا الرئيسية بالسكك الحديدية . وفي أثناء ذلك ابتدأت السكك الحديدية في القارة . وانهالت الطلبات على الشركات الهندسية في انجلترا لتزويد القارة بالقاطرات والحديد . وعلى ذلك ازدادت صادرات انجلترا ، ومن ثم ثروتها بسرعة هائلة . انها لم تصدر القاطرات فحسب ، بل ان القاطرات نفسها التي ساعدت على تطويرها مكنتها من ارسال منسوجاتها الى الأماكن البعيدة من العالم وأن تتلقى المنتجات الخام مقابل ذلك ، وبذلك بدأ تفوق انجلترا الصناعي .

وقد أحدث نجاح القاطرة البخارية تغيرا مفاجئا في احدى امكانيات الانسان الأولى ، اذ أنه على الرغم من أنه تاق لأجنحة كأجنحة اليمامة كي يسبح في الجو ، فانه لم يستطع خلال العصور كلها الا أن ينتقل بالسرعة التي تحملها بها قدماء أو جياده . أما في ذلك الوقت فانه كان يستطيع الانتقال أسرع من أحسن جواد ، أو أحسن غربة يريد عشر مرات تقريبا . وأصبح في الامكان كذلك للأخبار أن تنتقل بنفس السرعة . وأصبحت الأماكن الشديدة البعد على بعد عشر مسافاتها السابقة فعلا . وعلى ذلك صار من الممكن مباشرة الادارة في منطقة تبلغ مساحتها مائة مرة قدر المساحة التي كان يمكن ممارستها فيها قبل ذلك . وكان من نتيجة ذلك أن أصبح في الامكان حكم اتحاد كبير من الشعوب كالولايات المتحدة والامبراطورية البريطانية من عاصمة مركزية . ولذلك ففوق أن السكك الحديدية فتحت الباب على مصراعيه للتجارة ، ووفرت المزيد من وسائل الراحة في وسائل الانتقال ، فانها لعبت دورا هاما في ازدهار الجانب السياسي من مدنيتنا الحالية .

#### ٤ - القوة الآلية وصناعة المنسوجات

بينما كانت التحسينات في صناعة الحديد بانجلترا تسير قدما ، كانت هناك تطورات هامة تأخذ مجراها في صناعة القطن . فقبل نسج القطن الى قماش ، يجب برم أليافه أو غزلها الى خيوط طويلة . وقد ظل هذا الغزل يمارس بواسطة برمها بمغزل يدوي . ومع ذلك ففي سنة ١٧٧٠ سجل هارجريفس ، نساج من بلاكين دولاب غزله . وكان جهازا يدار باليد يمكنه غزل عشرين أو ثلاثين خيطا في المرة الواحدة . وفي سنة ١٧٦٩ سجل آركريت من بريستون اختراعا لسحب الألياف القطن وتحويلها الى غزل قطني بواسطة نول غزل . وقد جعل هذا من الممكن غزل كثير من الخيوط بسرعة وبأية رقة مطلوبة أو قوة . ويمكن



مشاهدة كثير من أنوال الغزل الأصلية القديمة في متحف العلوم في  
سوث كينسينجتون •

وكان أول مصنع غزل أقامه آركريت يدار بواسطة الجيل • ولكن  
المصانع التي أقيمت بعد ذلك استخدمت قوة الماء في إدارتها ، أى الماء  
المنحدر من مستوى أعلى الذى يستخدم فى إدارة العجلات • وسرعان ما  
افتتحت مصانع غزل مائية فى مناطق عديدة ، وتقدمت صناعة النسيج  
بخطى واسعة •

ولكن أصحاب المصانع بدأوا يسمعون عن آلة وات ، واستعملت الآلة  
البخارية فى مصانع القطن فى المناطق التى يندر فيها الحصول على قوة  
مائية • وعندما ازدهرت المعرفة الهندسية أنشئت آلات غزل أفضل ،  
وحلت الآلات المصنوعة من الحديد تدريجيا محل الآلات المصنوعة من  
الخشب • وأصبح فى مقدور الصناع علاوة على ذلك إرسال بضائعهم  
بسرعة بواسطة السكك الحديدية حينما عم استعمال القاطرة البخارية  
وهذه التحسينات الفنية العديدة تفاعلت مع بعضها البعض بدرجة ممتازة  
جدا وأحدثت تلك التغييرات التى غالبا ما يشار إليها باسم الثورة الآلية •  
وأثرت النتائج التى تولدت عن هذا فى صناعات انجلترا فى حياة الناس  
حتى أصبح التغيير يعرف باسم الثورة الصناعية • لقد بدأت الحركة  
فى انجلترا ، ثم امتدت بعد ذلك الى القارة الأوروبية ، والولايات المتحدة •  
وقد أثرت فى حياة الناس جميعا ، وجلبت فى أثرها شرا وخيرا • ولكن  
هذا التغيير على وجه العموم جعل الحياة أكثر أمنا ويسرا عن ذى قبل •



## الفصل السابع

# العام كعامل في التغير الاجتماعي

ان التغيرات العديدة التي تتدرج تحت مفهوم الثورة الصناعية كانت ترجع الى أسباب متداخلة بعضها في بعض سنحاول الكشف عن بعض منها . ويجب أن نذكر أولاً أن نواحي التقدم العلمية العظيمة في القرن السابع عشر لم يتفهمها الا فئة قليلة من العلماء ، اذ في تلك الأيام كانت هناك أعداد كبيرة من الناس في جميع ممالك أوروبا لا يستطيعون القراءة أو الكتابة . وانه لحق أن محاولات عديدة بذلت في إنجلترا أثناء القرن الثامن عشر لترويج فلسفة نيوتن وللمساعدة على نشر التعليم بين الفقراء ولكن هذه الجهود لم تصل الغالبية العظمى من الناس . ونتيجة لذلك فقد كان أحد آثار المعرفة الجديدة ذات النتائج البعيدة المدى توسيع الهوة بين المتعلم والامى وبين الفقير والغنى .

وبالطبع لم يكن الأغنياء قط دائماً من المتعلمين ، اذ غالباً ما كان المتعلمون فقراء . ولكن الاتجاه كان يميل نحو هذا التقسيم الجديد للطبقات الاجتماعية . وأحدث تحالف العلم والقوة الذي تميز به غرب أوروبا تغيرات تشريعية شعرت بها الطبقات الاجتماعية كلها . ولكن لم تكن أعظم التغيرات المدهشة ناتجة عن مجرد التغيرات العلمية ، بل عن استغلال هذه التغيرات في خدمة الصناعة . ولذلك فعلى الرغم من أنه كان هناك ميل في النصف الأول من القرن الثامن عشر لتحويل الانتاج المنزلى ذى النطاق الضيق الى انتاج تقوم به مؤسسات أكبر ، فان هذا التغير حدث بسرعة أعظم بكثير بعد اختراع الآلة البخارية . وأحدث بعد ذلك استخدام الآلة البخارية في النقل وفي ادارة آلات النسيج تغيرات في وسائل المعيشة وفي قوة العمال الكسبية كان من شأنها أن تغير طابع الحياة الصناعية بأجمعه . وبذلك تحولت إنجلترا من أرض تزخر بالقرى ، أرض عمال يدويين يعملون داخل منازلهم ، أرض ذات أسواق محلية ، الى أرض صناعية عظيمة ذات علاقات تشمل العالم كله . وقد بدأ هذا التغير في



انجلترا ، ولكنه اتخذ طريقه بعد ذلك الى قارة أوروبا ، محدثا أثره بعد ذلك في المدنية الغربية كلها .

وكانت الملامح الرئيسية للحياة الاجتماعية الجديدة الناشئة عن هذا هي ازدهار انتاج المصانع ، واقفار الريف ، وازدحام المدن والزيادة الهائلة في السكان . ويجب علينا الآن أن نتدبر هذه المظاهر بدورها محاولين ان نتكشف أين كان العلم عاملا مساهما وأين كانت المعرفة العلمية عوننا للناس في المشاكل الجديدة التي كان عليهم أن يواجهوها .

### ١ - الانتاج المصنعي

ان صناعة القطن التي نمت بدرجة هائلة بعد اختراع آلات الغزل وجدت فحسب منذ افتتاح طرق التجارة مع أمريكا . ومن جهة أخرى ازدهرت صناعة الصوف في إنجلترا منذ القرن الرابع عشر . وعلى ذلك كانت صناعة أقدم بكثير وذات جذور عميقة في حياة الناس ، ولذلك استمرت تمارس في المنازل بالطرق القديمة باليد بعد استخدام الآلات في نسج القطن بوقت طويل . ويذكر كثير من الناس كيف وصف جورج اليوت (١) في قصته سسيلاس مارنر ندف الصوف كعمل مألوف في مزارع اوائل القرن التاسع عشر .

ومع ذلك فقد جعلت الآلات التي تدار بقوة البخار نسج القماش رخيصا بدرجة أن وجد التاجر الوسيط الذي اعتاد شراء بضاعته من الصناع الذين كانوا يصنعون النسيج في منازلهم من الأفضل له الاتجاه مباشرة لأصحاب المصانع . ولذلك فقد قضى في النهاية على صناعة نسج الصوف في المنازل ، وحل محلها العمل في المصانع . وفي أثناء ذلك كانت صناعات القطن والمعادن تنمو يوما بعد يوم . وقد لوثت المداخل الهواء بما كانت تخرجه من دخان ، وشوهت اكوام الخبث منظر الريف الجميل . وكان العمال يتكدسون في مصانع النسيج وغيرها من المصانع حيث كانت الآلات التي يعمل عليها كثير من العمال تدر ثروة انتاج لم تكن معروفة من قبل .

ومع ذلك علينا أن نتذكر أن استخدام افواج كبيرة من العمال لم يكن أمرا جديدا ، فقد كان من الضروري تجميع مئات من العبيد سنويا لتشييد الأهرام وطرق روما القديمة . ان الذي استجد فقط انما هو نوع العمل

---

( ١ ) الاسم القلعي للأديب الانجليزي مارلان ايفانز ( ١٨١٩ - ١٨٨٠ ) الذي ألف عددا من القصص المشهورة من بينها دانيال ديروندا ، وسيلاس مارنر .



الذى كلف العمال به . لقد كان العبيد يعملون والسياط على ظهورهم  
بعضلات مجهدة والعرق يتصبب من جبينهم . وزيادة على ذلك فقبل أن  
تستعين الصناعة بالآلات كانت الغالبية العظمى من الرجال والنساء فى  
جميع أنحاء أوروبا يقضون حياتهم كلها يعملون لمجرد سد ما هو دون  
الكفاف من حاجاتهم من الطعام والمأوى . ومع ذلك فبمرور الزمن قلل  
الانتاج على نطاق واسع من عناء الانسان الجسدى ، ورخص ضروريات  
الحياة ، وانقذ الآلاف من الفقر المدقع . ولذلك فقد صارت الآلة من ناحية  
ما عبدا للانسان .

## ٢ - تغييرات فى الزراعة

لم تشهد السنين الأخيرة من القرن الثامن عشر تقدما كبيرا فى صناعات  
انجلترا فقط ، بل حدثت هناك تغيرات عظيمة فى زراعتها أيضا . وحتى  
هذا الوقت كان الفلاحون يواصلون عملهم متبعين كثيرا نفس الطريقة التى  
سار عليها أسلافهم فى العصور الوسطى - كانوا يزرعون الأرض قمحا  
مدة عامين ويتركونها بورا لاستخصابها عاما . وكان هذا بالطبع معناه  
أن ثلث أرضهم كانت دائما بلا جدوى . ولكن الفلاحين أدركوا فى النهاية  
أن أرضهم يمكن زراعتها لفتا أو برسيما بدلا من تركها بورا ، وأمدهم  
هذا بالطبع بطعام لماشيتهم خلال الشتاء . ولذلك استطاعوا الحصول على  
لحم طازج ، ولم يعد من الضرورى ذبح كثير من أنعامهم فى الخريف  
لتزويدهم بلحم مملح ليستعملوه فى الشتاء كما كانوا من قبل يفعلون .

وكانت انجلترا مكتفية ذاتيا حتى نهاية القرن الثامن عشر فيما يختص  
بجميع المواد الغذائية الأساسية ، وكانت تزرع فى الحقيقة قمحا يزيد  
عن حاجتها . ولكن كان عدد سكانها قبل هذا الوقت يزداد ازديادا سريعا  
وكان عليها اثناء الحروب النابوليونية بالاضافة الى امداد جيوشها  
بالأطعمة فى الخارج أن توفر الغذاء لعدد أكبر من الناس فى الداخل  
وعلى ذلك تحتم عليها أن تزرع المزيد من القمح ، وأن تزيد كثيرا فى رقعة  
الأرض الزراعية . وهنا تدخل التشريع الذى قضى بتخصيص كثير من  
الأرض البور لزراعة القمح . وقد استمر بين الحين والحين تخصيص  
مساحات كبيرة من الأراضى العامة التى كان يستعملها الفقراء لرعى الماشية  
مئات من السنين . وجعلت الأحوال التى سادت أوائل القرن التاسع  
عشر مثل هذه الاجراءات أكثر حتمية .

وعلى ذلك فكان لابد فجأة من تهيئة أراض كثيرة للزراعة . لقد علم  
المستوطنون الهولنديون الفلاحين الانجليز كيف يصرفون المياه الزائدة  
فى أراضيهم بواسطة حفر المصارف .



وهرع العلم أيضا لنجدتهم ، واستخدمت الآلات البخارية في ضخ الماء من مئات الأفدنة في المستنقعات . وبهذه الطريقة أصبح كثير من الأرض منتجا . ومد العلم لهم أيضا يد المعونة بطريقة غير مباشرة بتهيئة الآلات الزراعية . واستخدمت في ذلك الحين التحسينات العظيمة في صناعة المعادن التي خصصت لصناعة آلات النسيج في صناعة محاريث وآلات حصاد أحسن . وعلى ذلك أصبح في حيز الأمكان القيام بزراعة مثمرة . وسرعان ما أصبح هناك انتاج متزايد بدرجة هائلة .

ومع ذلك ظلت هذه التحسينات سنينا دون أن يشعر الناس بها وقد سببت الأحوال المضطربة التي أعقبت حروب نابليون تقلبات في أسعار القمح والمواد الغذائية الأخرى . وكان هناك الكثير من المحاصيل الرديئة مما أدى الى افلاس كثير من صغار المزارعين . ونتيجة لذلك لم تجد أفواج كبيرة عملا في الزراعة ، ولذلك هرعوا الى المدن تاركين الريف مقفرا . وقد بلغت هذه الأحوال من السوء مثلما بلغت أحوال الفلاحين الأيرلنديين التي صورها جولد سميث قبل ذلك بخمسين عاما تقريبا في قصته « القرية المهجورة » .

### ٣ - الاندفاع صوب المدن

وجد القادمون الجدد الى المدن حياتهم عسيرة جدا أول الامر . وتتطلب الأحوال الجديدة للحياة الاجتماعية وقتا معينا لتمثيلها . وغالبا ما يقاسى الناس كثيرا في مراحل الانتقال . وكان الأمر كذلك في عشرات السنين الأولى من القرن التاسع عشر . وكانت ترجع هذه المحنة اذن من جهة الى اضطراب أحوال العمل الذي أعقب الحروب النابليونية ، ومن جهة أخرى الى الأراضي التي خصصت لزراعة القمح ، ومن جهة ثالثة الى الانتشار السريع للآلات الموفرة للجهد ، اذ كان معناه أن أصبح كثير من عمال النسيج الذين كانوا يقومون بالنسيج في منازلهم بلا عمل . وقد حاول العاطلون أن يجدوا عملا في الأراضي الزراعية . وكان هذا مستحيلا في كثير من المناطق بسبب محنة الفلاحين . وكان من الصعب على أية حال تحول الانسان من الفزل الى عزق البطاطس ، كما كان من الصعب على العامل الذي تخشنت يده أن يتعلم العمل الذي يحتاج الى مهارة اكثر والذي تتطلبه المدن . وعلى ذلك قاست الآلاف الكثيرة لا لذنوب جنوه ، وذلك بسبب انهم أصبحوا بلا حول ولا اقوة أمام التغيرات الاجتماعية . وقد وجدوا متنفسا لآلامهم في القيام بهجمات جنونية على الآلات نفسها ، وباحراق أكوام الدريس ومباني المزارع . وهناك صورة كئيبة لتلك الايام في قصة آلتون لوك لشارلز كنجسلى ، وفي



قصة شيرلى لشارلوت برونتي ، وفي مسرحية محطى الآلات ، وهي تمثيلية كتبها ممثل ألماني حديث يدعى ايرنست تولر .

وعلى ذلك فعلى الرغم مما داهم الأفراد من محن ، فان تجارة انجلترا الخارجية ومن ثم ثروتها كانتا فى ازدياد سريع . وكان عدد سكانها ايضا ينمو نموا سريعا ، وتضاعف بين سنتى ١٧٦٠ و ١٨٣٠ . ومع ذلك كان معدل هذه الزيادة أكبر بكثير خلال النصف الأول من حكم الملكة فيكتوريا . ومع الزيادة فى ثروة البلاد نشأ المزيد من المؤسسات الصناعية التى كانت تعتمد فى قيامها على حوزة قليل من الناس لمال احتياطي - أو بمعنى آخر رأس المال . وقد بنيت مصانع كثيرة ، كما استخرجت كميات أكثر من الفحم والحديد من كنوز الأرض المدفونة التى كانت تبدو كأنها لا تنفذ . وأجبر أصحاب الأعمال الذين كانوا لا يفكرون الا فى الانتاج الرخيص على أن يعمل العمال ساعات كثيرة . وكانت اليد العاملة رخيصة ، اذ كان هناك الكثير من العمال وحتى الأطفال يستخدمون فى مصانع الأنسجة والآلات بشروط تبدو لنا اليوم شروطا مرعبة . ومع ذلك كانت الأحوال فى مناطق التعدين أسوأ من ذلك . لقد اعتادت النساء أن تجر العربات فى المناجم ، وكانت أحوالهن المعيشية سيئة بدرجة أن ساءت صحة الكثيرات منهن بدرجة كبيرة . ونشأ أطفالهن جهلة أميين . وقد أخرس نقص التنظيم السنة المعانين ، وسبحت فى سماء انجلترا سحابة معتمة من اليأس أسود من الدخان المتصاعد من مداخن مصانعها .

ولكن لا يمكن القاء المسؤولية فى هذا على عاتق العلم . انه لحق أن العلم التطبيقي قد أعطى الانسان قوة البخار التى فتحت الطريق أمامه لصناعة على مجال واسع . وكان هذا فى النهاية ذا ميزة للغالبية العظمى من الناس ، ولكن اطراد التسهيلات الخاصة بالصناعة كان سريعا بدرجة أن التغيرات الاجتماعية الضرورية لم تستطع أن تسايره ، ولذلك كان لا مندوحة عن وجود الكثير من المعاناة . وكان الكثير من هذه المعاناة ايضا راجعا الى ما تميز به الأشرار من طمع . ولكن بصرف النظر تماما عن هذه الاعتبارات تبرز الحقيقة التى تلخص فى أنه كان هناك حافز وراء هذا التغير وكان هذا الحافز هو الحافز الطبيعى فى الانسان لاكتساب المزيد من المال . وحينما صنع المخترعون الاول آلات يمكنهم بواسطتها تشغيل عدة آلات غزل فى نفس الوقت رأوا أن هذا معناه مضاعفة كسبهم وكان نفس الدافع هو الذى دفع بسكان الريف الأكثر ذكاء أن يبحثوا عن عمل فى المدن حيث كانت هناك فرصة للعمل المستديم على مدار السنة كلها على الرغم من أحوال العمال السيئة . وعلى ذلك انتقلت انجلترا فى مدى أجيال قليلة من كونها بلدا تتكون الغالبية العظمى من سكانها من



إهالى الريف الى بلد تكدس سكانه - الآخذون فى الزيادة بسرعة عظيمة فى المدن . وحدثت حركات مشابهة فى الممالك الأخرى . وما أن بدأت تلك التغيرات حتى اندفعت فى طريقها قدما كلما مرت الأيام ولم يستطع شئ إيقاف سيرها .

وبما أن العلم تقدم خلال القرن التاسع عشر ، فقد نشأت صناعات جديدة كثيرة نظمت على نطاق واسع من البداية . وعلى ذلك لم يكن من المستطاع اطلاقا اقامة صناعة غاز الاستصباح من الفحم التى بدأت فى انجلترا عند مطلع القرن والتى كانت تتضمن تقطير الفحم وتجميع المنتجات وتنقيتها على نطاق ضيق . ومع نواحي التقدم التى تمت فى الكيمياء أدخلت تحسينات على صناعة الصابون والصودا ومواد التبييض . وكانت تتطلب كل هذه الصناعات وكذلك الصناعات المعدنية النامية والتطورات الهائلة فى مجال التكنولوجيا الكهربائية التى تمت فى السنين الأخيرة من القرن التاسع عشر نظما لتشغيل المصانع . ونتيجة لذلك أخذ العمال يتخصصون أكثر فأكثر فى كل انجلترا والقارة الأوروبية . وقامت الصناعات المتشابهة بجوار بعضها البعض جامعة بذلك آلاف العمال . ونشأت مدن جديدة ، وصار المصنع أحد ملامح الحياة المألوفة لأوروبا الصناعية .

#### ٤ - أفكار اجتماعية جديدة

كان سير الحوادث الذى أعقب استعمال آلات الفزل لأول مرة حثيثا حقا . والتغيرات التى نتجت عن هذا فى الحياة اليومية جعلت الناس يمعنون الفكر ، وتولدت عن هذا أفكار جديدة . وقد رأى أصحاب البصيرة من الناس أن القواعد القديمة والقوانين القديمة أصبحت أشياء بائدة مع تزايد السكان الذين يعيشون غالبا فى المدن الكبيرة ، ويمارسون أعمالا متباينة تباينا شاسعا عن الأعمال التى كان يمارسها أجدادهم . ولذلك نجد كثيرا من رجالات الفكر يسبرون من جديد غور مشاكل جوهرية من مشاكل الثروة ، والسكان ، والرعبية ، والتجارة ، وأعمال المصارف والنقود ، والصناعة ( ١ ) . وكان الاتجاه العلمى الذى بدأ فى الكتابات السياسية للقرن السابع عشر لا يزال أكثر وضوحا فى تلك الكتابات التى أعقبت الثورة الصناعية .

---

( ١ ) على سبيل المثال ظهر هذا فى مؤلفات كمؤلف بحث فى طبيعة وأسباب ثروة الأمم بواسطة آدم سميث « الصادر فى لندن عام ١٧٧٦ فى مجلدين » ورسالة موضوع السكان لتوماس مالتوس ( لندن ١٧٨٦ ) ومؤلف دافيد ريكاردو ( لندن ١٨١٧ ) وعنوانه مبدأ الاقتصاد السياسى وجمع الضرائب .



ومن رجال الفكر فى هذا الوقت الذين أثرت أفكارهم فى التشريع وفى مجرى الحوادث فيما بعد سنتناول واحدا فقط هو جيرمى بنتام ( ١٧٤٨ - ١٨٣٢ ) ، اذ أن الأفكار التى تدرج تحت كثير من خدماتنا العامة فى الوقت الحالى إنما هى أفكار صدرت عنه أو عن أتباعه المباشرين .

ويتجلى الاتجاه العلمى فى التفكير فى جميع كتابات بنتام . لقد حاول عقد مقارنات بين العلوم الاجتماعية والعلوم الطبيعية . واستعمل الطرق الكمية كلما وجد الى ذلك سبيلا ، وحلل تفاعل القوى فى الحياة الاجتماعية مختلصا الحقائق من تعقيداتها العاطفية ، ومستمدا نتائجها من الحقائق فحسب .

وكان بنتام رجلا صافى الذهن ، مع تمكن مدهش من التفاصيل ، وقوة دافعة كبيرة . وحيث أنه درس القانون ، كما كان يمتاز بقيامه بأسفار سابقة ، فقد استطاع عقد مقارنات بين النظم القانونية المختلفة . وكان مبدؤه الأساسى : أن السعادة العظمى لأكبر عدد من الناس هى مقياس الصواب أو الخطأ . وعلى ذلك كان المحك الدقيق الذى وضعه لاختيار كل النظم الاجتماعية هو : أتودى هذه النظم الى السعادة العظمى للغالبية العظمى من الناس ، أتحمل خيرا للناس الذين يعنيه الأمر ، أم هى مجرد تدعيم لبعض التقاليد البالية ؟ وهل هى بمعنى آخر مفيدة حقا ؟ ولكنه حينما أجرى هذا الاختيار على كثير من النظم الموجودة حينئذ بالنسبة للحكومة ، والقانون الجنائى وأحوال العمال ، والنظم الأخلاقية والطرق المتخذة للمحافظة على صحة الناس وجدها ناقصة .

ولذلك ابتكر بنتام خططا جديدة . وكان بليغا فى تبيان أن الاجراءات التى تتخذها السلطات العامة لحماية صحة الناس يجب توجيهها لا الى معالجة المرض ، ولكن الى الوقاية منه . وكان هذا المبدأ الذى اتبعه أتباع بنتام باخلاص أساس كل تشريعات الصحة العامة التى صدرت فيما بعد . وقد وضع بنتام أيضا نظاما سياسيا جديدا ، يكون للجميع بمقتضاه الحق فى الإدلاء بأصواتهم . وعلى الرغم من أن مثله الأعلى لم يتحقق بعد ، فقد كان بنتام ذا أثر كبير فى أحداث ذلك الإصلاح الكبير فى الدستور البرلمانى الذى بدأ تنفيذه عام ١٨٣٢ ، وهى السنة التى توفى فيها . وكانت أفكار بنتام وراء أول محاولات بذلت لتحسين أحوال عمال المصانع وقد صدر أول تشريع هام سنة ١٨٠٢ . وكان عنوانه : تشريع خاص بالمحافظة على صحة وأخلاق صبية المصانع ، وغيرهم من العاملين فى مصانع القطن وغيرها من المصانع . وقد كشفت لجان حكومية للاستقصاء بعد ذلك عن الحالة المحزنة لعمال المناجم وعمال المصانع الآخرين ، وأجرت عدة اصلاحات هامة .



## ٥ - نشأة سياسة الصحة العامة

لقد كانت هناك بالطبع محاولات لمعالجة المهمة الشاقة مهمة المحافظة على الصحة العامة قبل زمن بنشام ، فمثلا اضطرت الأمراض الوبائية الكثيرة الحدوث أثناء العصور الوسطى الناس الذين أصابهم الذعر الى منع انتشار الوباء بقدر الامكان بعزل المصابين (١) . ولكن مثل تلك المحاولات كانت في العادة اجراءات تتخذ في الحالات الطارئة فقط عندما يكون المرض ناشبا أظفاره بين الناس . ولم تبذل مدى قرون محاولة لدراسة الأحوال التي يتقى بها المرض ، ويمكن التأكد بها من وجود سكان أصحاء . وطالما كانت غالبية الرجال والنساء باقية على اعتقادها أن المرض إنما هو عقاب لما اقترفوه من ذنوب فلم تكن هناك أية دراسة للمرض قائمة على أساس معقول . وطالما كان اعتقاد الأطباء أن علاج المرض ينحصر في نصيحة مفيدة، وزجاجة دواء ، لم يكن في الامكان وجود دراسة منظمة لآثار المرض بين أعداد كبيرة من الناس . ولكنه بمجرد اتباع المنحى العلمى أمكن الوصول الى نتائج محددة .

وعلى ذلك فإننا نجد بالفعل في القرن السابع عشر بدأ علم الاحصاءات الحيوية ، أى الاحتفاظ بسجلات مضبوطة للمواليد ، والوفيات ، والحالات المرضية . وكان من الممكن للسلطات مع وجود أرقام تعتمد عليها وضع قواعد للمحافظة على الصحة العامة . ولم تتضح التفسيرات التامة لمثل تلك السجلات الا فيما بعد . وقد تكشففت مع ذلك في نفس الوقت حقائق هامة كثيرة من واقع سجلات الجيش ، والأسطول ، والسجون حيث كانت هناك أعداد كبيرة من الناس تحت الملاحظة والرقابة . وجرت بهذه الطريقة اصلاحات كثيرة في تغذية المرضى ، والصحة العامة ، والوقاية من العدوى وتعد هذه هي الخطوات الأولى في الطب الوقائى .

ويعرف كل انسان اليوم أن بعض الأمراض ترجع الى كائنات حية دقيقة تنتقل من انسان لآخر . ولدى رجال العلم اليوم وسائل لدراسة هذه الكائنات الحية في المعمل ، والتحكم في نموها أو إيقافه . ومع ذلك ففي القرن الثامن عشر لم يتم الدليل على وجود مثل تلك الكائنات الحية المسببة للأمراض . وعلى الرغم من ذلك فقبل أن تقام الأدلة العلمية المحضة ، بينت استنتاجات المعية استقيت من التجربة باضافة الى سجلات لأعداد كثيرة من الحالات الطريق الى اصلاحات هامة . فقد تم هناك مثلا عمل رائد فى الطب الوقائى كان الفضل فيه يرجع الى سير جون

---

(١) لقد ترك النظام الذى كان يقضى على الأشخاص القادمين المشتبه فيهم الانتظار أربعين يوما قبل دخولهم مدينة ما أثره فى اللغة فى كلمة « الحجر الصحى » .



برينجل ( ١٧٠٧ - ١٧٨٢ ) • وأدت خبرة برينجل الواسعة كطبيب  
معسكرات ومستشفيات الجيش الى تعرفه على حمى السجن ، التيفوس  
التي أطلق عليها حمى المستشفيات • وكان انتشار الأمراض المعدية  
التي يصاب بها كثير من الناس أمرا شائعا في أيامه بدرجة أن تقبل الناس  
هذا الأمر كشر لا بد منه ، ومن هنا أتت نفس الأسماء «حمى المستشفيات»  
أو حمى السجن ومع ذلك اعتقد برينجل أنه من الممكن اتوقاية من انتشار  
تلك الأوبئة • لقد لاحظ أن المرض غالبا ما يصحبه تعفن ، وعلى ذلك زود  
المستشفيات التي كانت تحت إدارته بمجاري مناسبة وبمياه نقية •  
واقترح فعلا الوقاية من التعفن بواسطة مواد مطهرة ، وذلك قبل أن  
يقام الدليل على الأصل الجرثومي للمرض بمائة عام •

وكمثل آخر للمشاهدة التي تعتمد على حسن الادراك السابق للدليل  
العلمي يمكننا أن نذكر علاج الاسقربوط ذلك المرض الذي اعتاد أن يصيب  
الناس في البر والبحر • ومع ذلك قلت في القرن الثامن عشر الحالات  
التي تحدث في البر قلة كبيرة • وذلك بسبب التطور العظيم الذي حدث  
في الزراعة والذي كان من شأنه امداد الناس بلحم من نوع أجود وبكميات  
وافرة من الخضراوات الطازجة • وعلى الرغم من ذلك ظل هذا المرض  
مرضا عضالا مميتا في الغالب بين البحارة • وكان تفشيته أثناء الرحلات  
البحرية الطويلة يظن بحق أنه راجع الى الغذاء غير المناسب لبحارة  
السفن • ولكنه لم يتيسر ايجاد علاج للأسقربوط بين البحارة حتى  
الوقت الذي ظهر فيه طبيب بحري يدعى جيمس لايند ( ١٧١٦ - ١٧٩٤ ) •

وصف لايند اضافة فاكهة طازجة أو عصير ليمون الى غذاء رجال البحر  
وعندما اتبعت نصيحته لم يعد يصاب الناس بالاسقربوط • ونصح لايند  
كذلك بضرورة تقطير ماء الشرب • وكانت السفن حتى عصره تأخذ الماء  
دون تمييز من أية ثغور ترسو عليها • ولهذا السبب كانت هناك دائما  
نسبة وفيات عالية بين البحارة من أمراض متعددة مصدرها الماء مثل  
السكوليرا والتيفود • ونتج عن الاحتياطات التي نصح بها لايند تحسن  
سريع في صحة البحارة • وقد اتبعت القواعد التي وضعها في إحدى  
الرحلات البحرية للكابتن كوك ( ١٧٢٨ - ١٧٧٩ ) مكتشف استراليا •  
وفي رحلة في البحار الجنوبية استغرقت ثلاثة أعوام لم تكن هناك حالة  
مرضية واحدة راجعة الى الاسقربوط ، أو الى أى مرض من الأمراض الأخرى  
التي كانت تجعل الحياة في البحر فيما مضى تتعرض لأخطار جسيمة •

وعلى ذلك فقد توصل الناس الى ادراك أهمية الماء النقي قبل بحث  
الحالات المعروفة بالكوليرا والدفتريا والتيفوس • ونتيجة لذلك طالب الناس  
بإمداد المدن بماء أفضل • وقد روى أن الآبار العميقة أو الينابيع كانت المصادر



الأقل تعرضا للتلوث كما تجنب الناس جميع المياه السطحية • ومورس نظام ترشيح جميع المياه المخصصة للشرب على نطاق واسع في أوائل القرن التاسع عشر ، وقد ظل هذا النظام منذ ذلك الوقت هو الطريقة العادية لتطهير الماء •

وبدا تحسن عام بالنسبة لعلم صحة المدن في السنين الأخيرة من القرن الثامن عشر ، فقد وسعت الشوارع ورصفت رصفا أفضل ، وغطيت المجارى المفتوحة التى كانت تنساب من قبل مخترقة الشوارع • ونتج عن مثل تلك الاجراءات الصحية الواضحة بالاضافة الى بناء بيوت أقوى من الآجر والحجر الاختفاء التدريجى لعديد من الأمراض • فمثلا اختفى نوع من أنواع الطاعون الذى تحمله براغيث الفيران ، وذلك حينما اُبِعد الفيران تقرر طرقها الى داخل المساكن • وقلت الاصابة بالتيفود والأمراض الأخرى الناشئة عن الماء الملوث بدرجة كبيرة حينما توفرت كميات الماء النقى والمجارى الملائمة ، ووسائل التخلص من زباله المنازل وقاذورات البواليع •

واتخذ الكثير من مثل تلك الاجراءات نتيجة لتشريع الصحة العامة الذى صدر عام ١٨٤٨ والذى أنشئت بمقتضاه مصلحة حكومية جديدة هى مصلحة الصحة العامة • وقد صدر هذا التشريع نتيجة للأبحاث التى قامت على قدم وساق بواسطة تلاميذ جيرين بنثام عن أحوال المساكن وصحة سكان المدن الكبرى الفقراء •

وكانت احدى مهام المصلحة الاحتفاظ بسجلات للمرض • وحينمما بدأت المصلحة مهامها تفشى مرض الكوليرا فى انجلترا عقب انتشار وباء أشد سوءا فى القارة ، وكان عدد الموتى مرعبا • ومع ذلك فان ما تجمع من بيانات كان كافيا لأن يظهر أن انتقال العدوى تم عن طريق مياه الشرب ومن ذلك الوقت فصاعدا عملت السلطات ترتيبها على امداد السكان بكميات أوفر من ماء الشرب النقى • وسرعان ما قضى على المرض • والكوليرا غير معروفة الآن فى انجلترا وفى بقاع كثيرة من بلاد أوربا • ونتج عن نواحي التقدم العلمية التى حدثت بعد هذا والتى استخدمت استخداما مباشرا فى الحاجات اليومية خدمة أخرى ندرجها الآن ضمن الصحة العامة مثل الاجراءات الوقائية ضد أمراض الماشية ، ومراقبة كميات اللبن المباعة ، وتحليل المواد الغذائية ، وفحص أطفال المدارس طبيا •

واتبعت طرق المحافظة على الصحة العامة التى اتخذتها انجلترا فى ممالك أخرى مع اختلاف فى التشريع الفعلى لكل دولة • ولسكن المرض لا يعرف حدودا ، والوقاية منه ذات أهمية عالمية • ولذلك فالاتجاه الحالى هو معالجة مشكلة الوقاية من المرض لا من وجهة النظر القومية فحسب ، بل من وجهة النظر الدولية • ومن الواجب علينا أن نتعشم بخصوص



هذا كما نتعشم بالنسبة للمسائل العلمية الأخرى ان تتكاتف الأمم وتعمل  
سويا .

ويعود بنا موضوع الصحة العامة الى احدى مميزات الثورة الصناعية  
وهى نشأة المدن الكبرى . ويميل أولئك الذين يفكرون فى الريف كمكان  
لقضاء اجازة سارة لأن يعتقدوا أن شرور الحياة أصبحت بالضرورة أسوأ  
بعد قيام المدن الكبيرة . ولكننا نجد عند امعاننا النظر فى الحقائق أن الأمر  
لم يكن كذلك ، اذ أن الذين هرعوا الى المدن أصبحوا فى نهاية الأمر أسوأ  
حالا عما كانوا من قبل . كانوا فى الريف يعيشون فى منازل ريفية رطبة  
غير صحيحة ، وكانت طرقهم لا يمكن عبورها شتاء ، وكانوا يعملون فى مواسم  
معينة فقط ، وكانت أجورهم ضئيلة . وساعدت مثل تلك الأحوال على  
ايجاد مستوى صحى منخفض . وقد وجد نفس العمال هؤلاء فى  
النهاية عملا فى المدن طيلة العام ، وذلك على الرغم من أن أحوال العمال  
كانت فى مبدأ الأمر أحوالا شديدة القسوة . وكانت لديهم أيضا فى المدن  
فرصة أفضل للحصول على المعونة الطبية ، وعلى ذلك اعتنى بالأطفال عناية  
أفضل .

ان التحسينات الأولى التى تمت فى مجال العناية الصحية فى المدن ،  
بالإضافة الى توفر كميات أفضل من مواد غذائية متنوعة ناتجة عن التحسينات  
التي أدخلت فى الزراعة ووجود وسائل نقل أفضل ، كل هذه كانت ذات  
اثر طيب فى صحة الناس . ويتضح هذا من الاحصاءات الحيوية فى ذلك  
الوقت . وعلى ذلك فحوالى سنة ١٧٤٠ كان معدل وفيات الأطفال فى  
انجلترا قبل الثورة الصناعية مرتفعا جدا ، وكان يموت من كل مائة طفل  
خمسة وسبعون قبل سن الخامسة . أما فى مبدأ القرن التاسع عشر فقد  
انخفضت النسبة الى ٤١٪ وهى نسبة مرتفعة طبقا لمقاييسنا الحالية ،  
ولكنها تمثل تحسنا هائلا بالنسبة للاوقات السالفة .

## ٦ - التقدم فى علاج المرضى

تطلب نمو سكان المدن الكبيرة الذى أعقب الثورة الصناعية كما قد رأينا  
اجراءات معينة بالنسبة للصحة العامة ، وبذلك أبرز الى المقدمة مشكلة  
علاج المرضى برمتها . وموقف الانسان حيال المرض يتوقف باستمرار على  
الاعتقادات السائدة . فمثلا يضرب المريض فى وسط افريقيا علة ساخنة  
حتى اليوم ، وذلك لأن المواطنين يعتقدون أن من شأن هذا أن يطرد الروح  
المسببة للمرض . وقد ظل الناس قرونا فى أوروبا يعتقدون أن المرض راجع  
الى زيادة فى سخونة الدم . وتبعاً لذلك فقد كان العلاج هو أخذ دم من



المريض مهما كان نوع المرض . ومن حسن الحظ أن المصابين من المرضى كانوا غالبا ما يبرأون ، اذ أن القدرة الشفائية للطبيعة عظيمة جدا . ولكننا نستطيع الآن نحن الذين نعيش في هذا العصر أن نشعر بالامتنان لأن المنحى المعقول للعلم قد جلب معه طرقا أخرى لعلاج المرضى .

وحيثما اهتدى الناس الى طريقة التجربة والمشاهدة كوسيلة لاكتشاف الحقيقة سعوا الى تطبيق مثل تلك الطرق على مشاكل المرض . ففي القرن السابع عشر مثلا أدخلت تحسينات كثيرة على تعليم طلاب الطب ، وأصبح التعليم المعملى عاما ، في كثير من مدارس الطب الكبيرة في القارة ، وشجع الطلاب على مراقبة الحالات بجوار أسرة المرضى . وخلال القرن الثامن عشر اكتسب رجال العلم والأطباء الذين يمارسون المهنة رصيذا علميا عن وظائف الجسم وحيثما استخدم مثل هذا العلم في علاج المرض والوقاية منه لعب دورا جوهريا في تقدم مدن غرب أوروبا الأهلة بالسكان .

ومن المهم أن نتذكر أن العلاج الطبى كان عليه أن ينتظر تقدم العلم ليحظى بوسائل معينة . فمثلا على الرغم من أن توقيت النبض استخدمه الأطباء من زمن بعيد ، إلا أنه لم يكن لديهم حتى حلول القرن التاسع عشر ساعات مجهزة بعقارب للثواني . وكذلك فإن الترمومتر الطبى وهو الآن وسيلة لاغنى عنها في جميع حالات التمرىض لم يكن ميسورا حتى أرت الكيمياء والطرق الفنية التى تحسنت كيفية صناعة زجاج يتمدد وبذلك يهين قراءة ترمومترية دقيقة . ولم تصنع مثل تلك الأجهزة إلا في القرن التاسع عشر . وزيادة على ذلك فإن الكلوروفورم وهو أعظم المواد المخدرة نغما لم يعزل حتى سنة ١٨٣١ ، وأصبح كثير من المواد التى استخدمت في إيقاف التعفن ، تلك المواد التى نسميها المطهرات ، ميسورة فقط عن طريق نواحي التقدم التى تمت في الكيمياء في القرن التاسع عشر .

وكمثل من أمثلة الأبحاث المدهشة في مجال الطب في القرن الثامن عشر يمكننا أن نذكر عمل جون هنتر ( ١٧٢٨ - ١٧٩٢ ) الجراح وعالم وظائف الأعضاء العظيم . وكان المظنون قبل وقت هنتر أن دراسة علم التشريح هى أساس كاف لممارسة الجراحة . وقد أدرك الناس أهمية علم التشريح للجراح منذ الامام بما قام به فيساليوس . ولكن على الرغم من أن العلم بمواضع العظام والعضلات كان أمرا ضروريا ، إلا أن هنتر أكد أهمية علم الانسان بالجسم بوصفه شيئا حيا يتواءم مع ما يستجد من الظروف . وأجرى هنتر تجارب ودراسات مستفيضة على الحيوانات البرية والطيور والأسماك والحشرات التى كان يحتفظ بها في منزله في كنسجرتون مجرد غرض اكتشافه علاقة التكوين بوظائف أعضاء الجسم الحى .



وكان مدى أبحاث هنتر هائلا ، وستعرض لنا فرصة للإشارة لما قام به مرة ثانية . وسنذكر هنا فحسب مثلا لاكتشاف قام به استخدمه في تخفيف ويلات الجنس البشرى . فمن بين ما أولع به هنتر من مواضيع علم وظائف الأعضاء نمو العظام والأجزاء الصلبة الأخرى من الجسم . وقد بحث ذات مرة عن كيفية نمو قرون الوعل المتشعبة . ونتيجة لذلك علم أنه لو قطع شريان الدم الرئيسى الذى يحمل الدم الى القرن النامى ، فان الشرايين الأصغر منه المجاورة له تكبر بسرعة ، وبذلك تؤدي المهمة التى كان يقوم بها الشريان الأكبر من قبل .

وقد أرى هذا الكشف هنتر أن الجسم الحى يستجيب كطبيعته التى جبل عليها الى نداء الحاجة . وأدى استعماله لهذا الكشف الى ايجاد طريقة ناجحة لاجراء عملية لشفاء المرض المميت المعروف بالتمدد الشريانى . وكانت الطرق العادية للعلاج فى أيام هنتر هى اما استئصال الورم الذى كان يعوق شريان الدم ، أو بتر العضو . وقد ثبت أن كلتا هاتين الطريقتين مميتتان فى تلك الأيام . ومع ذلك فان هنتر الذى كان واثقا مما تعلمه من دراساته التى قام بها للغزال لم يفعل شيئا الا أن ربط الشريان فوق موضع الورم ، تاركا محتويات الورم يمتصها الجسم . وبذلك تحاشى العدوى الناتجة عن مبضع الجراح . وبعد وقت قصير شفى المريض ، اذ استمر شريان الدم الى الجزء الأسفل من العضو عن طريق اتساع الشرايين الصغيرة المجاورة . وما زال الجراحون يستعملون حتى اليوم هذه الطريقة فى اجراء العمليات التى كان هنتر أول من كشف النقاب عنها .

ولم يقم هنتر بأبحاثه الطويلة ليشبع نهمه لاكتساب معلومات عن الأشياء الحية فحسب ، ولم يكن جراحا ذا خبرة واسعة فقط ، ولكنه كان معلما كذلك . ومن بين تلاميذه ادورد جينر ( ١٧٢٩ - ١٨٢٣ ) الذى كرس حياته لايجاد علاج للجدرى . ولم يغيب الجدرى اطلاقا عن انجلترا طيلة القرن الثامن عشر ، وكان أكثر انتشارا بكثير فى أوروبا الشرقية وآسيا . وكان الجدرى ولا يزال مرضا يختلف كثيرا فى شدة الإصابة به . وقد وجد الناس بالتجربة أنهم اذا شفوا من إصابة ، فانهم يكتسبون مناعة ضد إصابة أخرى . ونتيجة لذلك حاول الناس حينما تحدث الأوبئة ، وكانوا يرون الموت أمام أعينهم أن يحصلوا بصورة مخففة على المرض . وحدث أن كانت تستعمل فى الشرق منذ زمن طويل طريقة مباشرة لنقل صورة مخففة من المرض من شخص لآخر .

وقد شاهدت السيدة ميرى وورتلى مونتاجو ( ١٦٨٩ - ١٧٦٢ ) الكاتبة وزوجة السفير الانجليزى فى القسطنطينية هذه الطريقة وهى تمارس . وعند عودتها الى انجلترا أوصت باتباع هذه الطريقة هناك .



وقد اتبعت بعد ذلك لا فى انجلترا فحسب بل فى القارة كذلك وبين المستعمرين فى أمريكا .

ومع ذلك فقد كان اكتشاف وقاية حقيقية ضد المرض المخيف يرجع الفضل فيه الى ادوارد جينر الطبيب وأحد أهالى جلوسسترشير . لقد لاحظ جينر خلال ممارسته لمهنته فتاة تعمل فى حلب الألبان مصابة بمرض يشبه الجدري نوعا ما . وكان المعتقد من زمن طويل بين عمال حلب الألبان أن الإصابة بمرض معين يصيب البقر كانت تقى الإنسان من أية إصابة بالجدري المخيف . ولاحظ جينر بما امتاز به من دقة الملاحظة مرضيين متميزين بين البقر ورسخ فى ذهنه مدة طويلة أن مرضا واحدا من هذين هو الذى كان يسبب الوقاية من الجدري بذل أقصى ما أمكنه لجمع المعلومات ، وبعد ذلك انتظر حتى تسنح له فرصة اختبار وجهات نظره . وفى النهاية قام بتجربة جريئة : أخذ قيعا من قروح فى يد فتاة تعمل فى حلب اللبن ، ذلك القيع الذى اعتبره راجعا الى جدري البقر الحقيقى ، وطعم به ذراع صبي ، وبناء عليه ظهرت على الصبي أعراض المرض الخفيفة ، وطعم جينر هذا الصبي بالجدري بعد ذلك ببضعة شهور فلم تظهر عليه أعراض المرض وكانت هذه حالة مباشرة كشفت عن قيمة هذا التطعيم . وبعد تجارب متكررة شعر جينر بأنه كان على حق فيما توصل اليه من نتائج .

وقاسى جينر الكثير من مقلديه الذين لا ضمير لهم ، وأسئ الى سمعته بواسطة اتباعه المزعومين الذين لم يعتنوا بالحصول على المادة الصحيحة للتطعيم . ومع ذلك ففي النهاية حظى هذا الكشف بالاعتراف الذى كان يستحقه ، وأصبحت طريقته معروفة باسم التطعيم ، وسرعان ما طبقت فى أنحاء العالم المتمدين كله . وكان لكشفه هذا أهمية هائلة لأنه خلص العالم من مرض مرعب فقط ، بل لأنه فتح طريقا جديدا لعلاج أمراض أخرى .

وقد نتجت إحدى التحسينات الكبرى التى أدخلت على رعاية المرضى من بناء كثير من المستشفيات الكبيرة فى انجلترا ، وفى القارة فى السنين الأخيرة من القرن الثامن عشر . وعلى ذلك فان مستشفى سانت بارثلميو التى أعيد تأسيسها فى حكم هنرى الثامن أعيد بناؤها فى القرن الثامن عشر ، كما شيدت مستشفيات كثيرة جديدة . وعلى الرغم من أن هذه لم تكن مجهزة تجهيزا لائقا حسب مقاييسنا الحالية ، فانها قامت بالكثير من ناحية حفظ صحة الناس خلال السنين القاسية التى تميز بها بدء عهد التصنيع .

وكان انشاء المزيد من المستشفيات علامة ميزت الحركة الانسانية التى ظهرت أواخر القرن الثامن عشر ، والتى أعلنت عن نفسها أيضا



زفيما بذله الأفراد من مجهودات لتعليم الفقراء . أن سير الحياة على قاعدة سليمة يعادل إفى أهميته الخدمات التى يؤديها الطبيب فى رعاية المرضى، ولذلك فقد نتج تقدم كبير بسبب خمود الجهل والخرافات نتيجة لانتشار العلم . وكان اصلاح مهنة التمريض احدى نتائج التعليم . وفى امكاننا اذا ابتدأنا بالعمل الخير الذى قامت به اليزابيث فراى ( ١٧٨٠ - ١٨٤٣ ) أن نقتفى أثر التمريض مبتدئين بجماعة الاخوات الممرضات الى التقدم العظيم الذى تم تحت رعاية فلورنس نيتنجيل ( ١٨٢٠ - ١٩١٠ ) وقصة فلورنس نيتنجيل معروفة تماما . ولكن ليس مما يدرك دوما القدر الذى تسهم به خدمة تمريضية مجدية فى حفظ صحة سكان جميع البلاد المتمدينة .

وننتقل الآن بقصتنا الى القرن التاسع عشر ، الى وقت اثر العلم اقيه على جميع طبقات السكان فى أوربا الغربية . وكان العلم قبل الثورة الصناعية مطلب فئة قليلة من العلماء . ولكن العلم دخل بطريقة غير مباشرة الى حياة كل فرد بعد استخدام بعض من النتائج التى وصل اليها اقى مقتضيات الصناعة . وكان هناك قبل هذا باحثون علميون أكثر بكثير ، وكانت نواحي التقدم منذ بداية القرن التاسع عشر متعددة النواحي بدرجة أن قصتنا لايمكن بعد هذا أن تسلك سبيلا واحدا . ولذلك يجب علينا أن نسير فى طرق متشعبة ، ونبحث بعضا من هذه النواحي التى حدث فيها تقدم هائل ، كل منها على حدة . وسنرى أن الاكتشافات التى تمت فى الكيمياء والكهرباء ، وفى دراسة الحرارة والطاقة ودراسة الأشياء الحية كان لها تأثير قوى لا فى الصناعة وحدها ، بل فى حياة الناس اليومية كذلك .



## الفصل الثامن

# أحسن الكيمياء

### ١ - طبيعة الهواء والاساء

لقد رأينا كيف أن المشتغلين بالتجارب العلمية فى القرن السابع عشر وعلى الأخص بويل كشفوا النقاب عن كثير من الحقائق الخاصة بالهواء . لقد أثبتوا أن له وزنا ، وأنه من الممكن انضغاطه ، وأنه من الممكن أيضا أن يكون له ضغط عظيم . وبينوا كذلك أن كلا من النباتات والحيوانات تحتاج الى الهواء لتحيا . ومع ذلك وحتى ذلك الوقت كانت الافكار عن تكوين الهواء أفكارا مشوشة بدرجة كبيرة . كان الكثيرون لا يزالون يعتقدون أنه أحد العناصر الأربعة : التراب ، والهواء ، والنار ، والماء . ولم تكن لدى أحد فكرة واضحة عن الغازات فيما عدا الهواء . وادت تجارب بويل به الى الظن بأن ما هو ضرورى من الغلاف الجوى للتنفس إنما هو جزء منه فقط ، وأن الهواء ، بصرف النظر عن كونه عنصرا ، خليط من غازات عدة . ولكن البرهان القاطع على ذلك لم يتيسر الا بعد مائة عام بعد ذلك .

وقد حدث تقدم هائل فى هذه الناحية بواسطة جوزيف بلاك من جلاسجو وكان صديقا لوات . وبعد أن قام بلاك بدراسة مفصلة لتغير كيمائى مألوف ، ألا وهو تحويل القلويات الكاوية الى قلويات خفيفة بتعريضها للهواء ، عزل غازا جديدا أطلق عليه لفظ الهواء الثابت ، وبرهن أنه إحدى المكونات العادية للغلاف الجوى ، وعرفه فيما بعد باسم ثنائى اكسيد الكربون .

أما الخطوة التالية فالفضل فيها يرجع الى الكاهن الموحد جوزيف بريستلى ( ١٧٣٣ - ١٨٠٤ ) . ولبريستلى سجل مشرف من التجارب فى الكيمياء والكهرباء وكان كذلك مدرس لغات ومؤلف كتب مدرسية .



ومن تجاربه الكيميائية التي قام بها تجربة لاختبار تأثير الحرارة على كلس (١) الزئبق الأحمر . سخن بريستلى الكلس الأحمر عن طريق تجميع أشعة الشمس بواسطة عدسة حارقة قوية . ومما أثار دهشته أنه لاحظ تكون زئبق براق ، وانبعث هواء لا لون له . ووجد أن الهواء الجديد مكن موادا مثل الفحم النباتى والكبريت ، كما مكن شمعة من الاشتعال فيه بتوهج أكبر بكثير مما لو كانت هذه المواد قد اشتعلت فى الهواء العادى .

وطبيعى أن بريستلى أراد اعطاء اسم لغازه الذى عثر عليه حديثا . وكان الناس فى ذلك الوقت يعتقدون أن احتراق أى شىء يصحبه افتقاد عنصرى نارى يسمى اللاهوب (٢) . واعتقد بريستلى عندما لاحظ مساعدة هذا الغاز الجديد الأشياء على الاحتراق أنه يساعد هذه الأشياء حتما على التخلص من لاهوبها . ولكى يمتص هذا الغاز اللاهوب بهذه السهولة يجب أولا أن يكون خاليا تماما . ولذلك سماه « الهواء الخالى من اللاهوب » ، وهو اسم شديد الالتواء .

وسرعان ما ظهرت بعد كشف بريستلى ثلاثة أبحاث فى مجلة المقررات الفلسفية للجمعية الملكية تصف تجارب أجريت بغاز كان يدعى الهواء القابل للاشتعال ، وهو ما نعرفه اليوم باسم الأيدروجين . وقد قام بالأبحاث عالم ثرى كرس حياته للعلم وهو صاحب الفخامة هنرى كافنديش ( ١٧٣١ - ١٨١٠ ) الذى اشتهرت نتائجه ببعده مداها ودقتها .

حضر كافنديش هواءه القابل للاشتعال بإذابة الزنك فى أحماض . لقد وجد أن نفس وزن الزنك يولد نفس حجم الغاز من أحماض مختلفة . وعند تفجير مزيج من هواء قابل للاشتعال وهواء عادى لاحظ نقصا فى الحجم ورأسبا من ندى داخل الإناء . وبعد ذلك قام بعدة قياسات دقيقة فى كل من حالتى النقص فى الحجم ، والحجم المتبقى بعد الانفجار . ومن هذه الأرقام استنتج أن خمس الهواء العادى مع الهواء القابل للاشتعال كله تكثف وكون ندى . وأوضحت النتائج ما يأتى :

١ - أن الهواء يتكون على الأقل من غازين مختلفين تمام الاختلاف (٣)

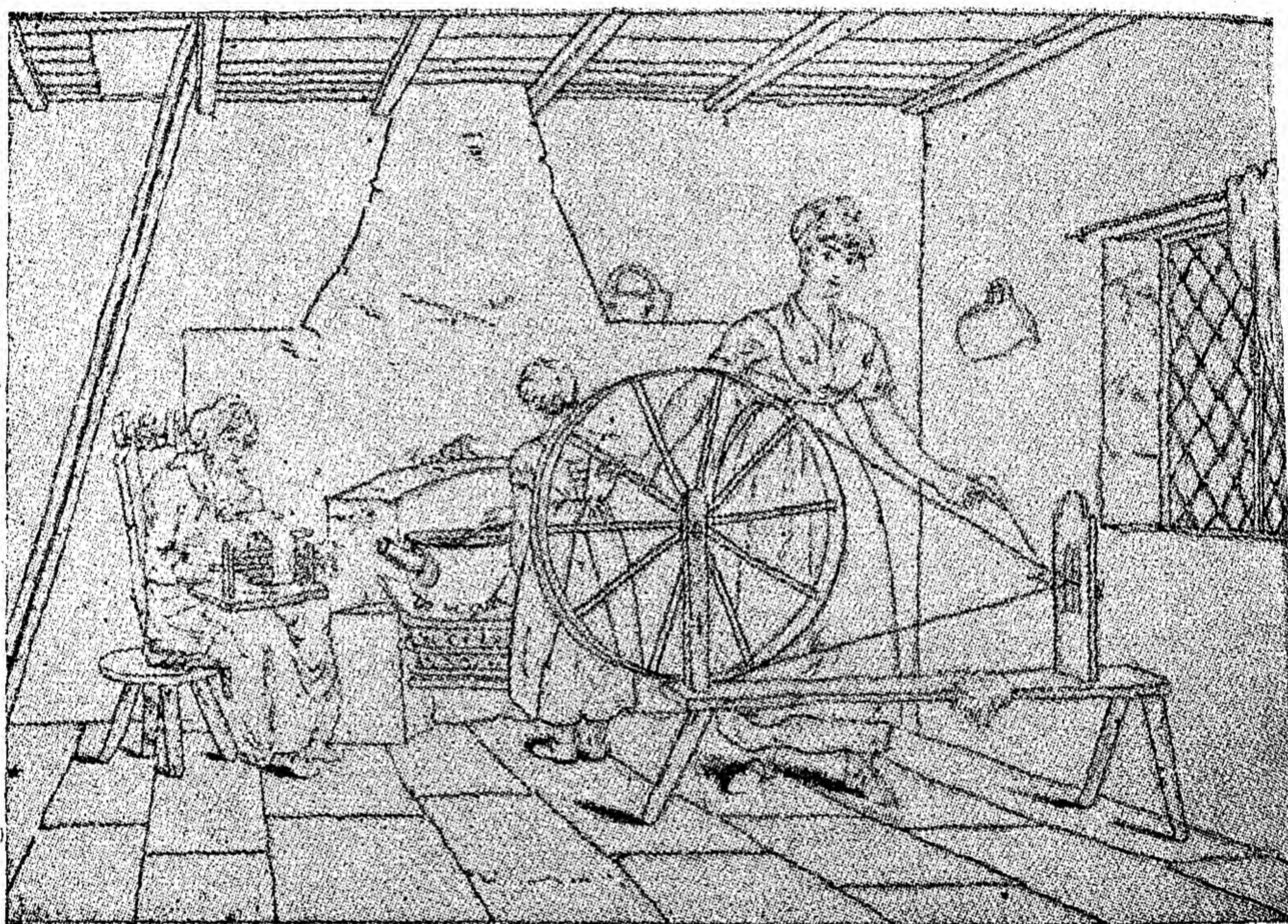
---

( ١ ) أكسيد الزئبق ، وينتج من اتحاد الزئبق بالأكسجين ( المترجم )

( ٢ ) مادة نارية اعتقد القدماء وجودها فى الأجسام ( المترجم )

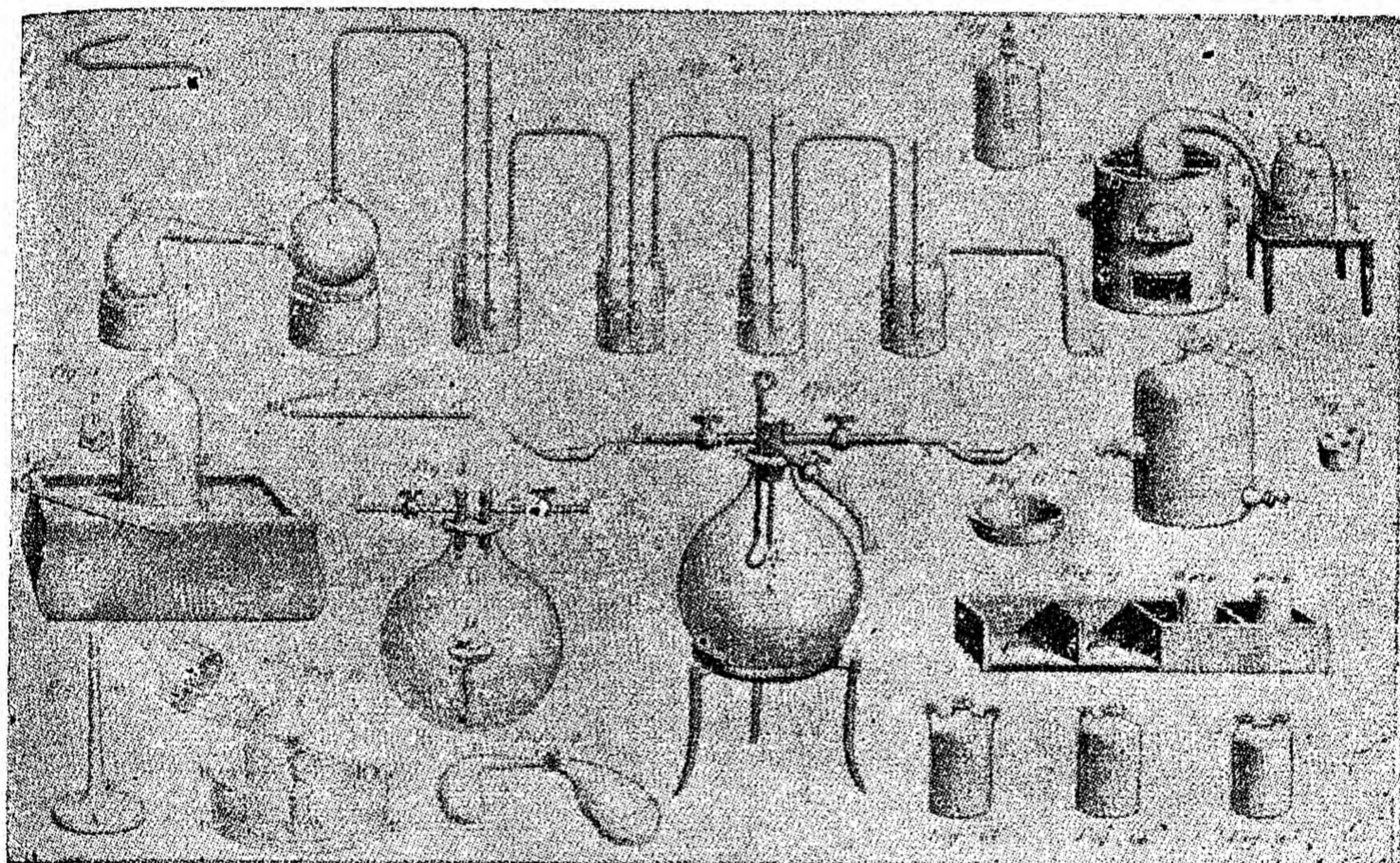
( ٣ ) عندما سمع كافنديش عن هواء بلاك الثابت قاس كثافته ومقدار قابليته للدوبان فى الماء ، ووجد مادة مختلفة تماما عن الهواء العادى . وهكذا كشف عن وجود غاز ثالث فى الهواء الجسوى .





متنول ويثلى على نمط الأحوال السائدة قبل المنزلى فى نفس الوقت  
النساء يساعدن فى الغزل ويقمن بعملهن لشودة الصناعية





معمل لاثوانازيه



٢ - أن الماء ليس عنصرا ، كما ساد الاعتقاد قرونا ، ولكنه مركب من هواء قابل للاشتعال وخمس الهواء الجوى .

حينئذ كرر كافينديش تجاربه مستعملا هواء بريستلى الخالى من اللاهوب ، بدلا من الهواء العادى . لقد قام بتفجير مخاليط مكونة بنسب مختلفة من الهواء القابل للاشتعال والهواء الخالى من اللاهوب . وكان فى كل حالة يقيس حجم الغاز المتبقى . وبهذا استنتج أن الماء مركب من هذين الغازين . وكان يظن أن خمس الهواء الجوى مكون من الهواء الخالى من اللاهوب ، وأن الهواء القابل للاشتعال هو لاهوب نقى .

وكانت النتائج التى وصل اليها كافينديش نتائج حاسمة ، وذلك بسبب دقة تقديراته . ومع ذلك فإن شرف اثبات طبيعة الهواء المركبة يجب أن يتقاسمه كل من كافينديش ، وجيمس وات الذى وجد ، علاوة على عمله فى الآلة البخارية ، وقتا لتتبع تقدم الكيمياء ، وقام بإجراء تجارب لنفسه . وتوضح لنا المراسلات التى تبودلت بين وات ، وبريستلى أن وات كان مقتنعا بطبيعة الماء المركبة قبل نشر النتائج التى وصل اليها كافينديش سنة ١٧٨٤ .

وخلال السنين الوسطى من القرن الثامن عشر تمكن صيدلى سويدى غير نابه يدعى ويلهلم سيكيل ( ١٧٤٢ - ١٧٨٦ ) من عزل عدد كبير من المركبات الكيماوية . وقد حصل أيضا ، وهو يعمل مستقلا تماما عن غيره ، على غاز يتفق مع غاز بريستلى بتسخينه النتر (١) . وخلال هذا الوقت كان الكيمايون يتعلمون طرقا معملية مفيدة علاوة على كشفهم حقائق جديدة ، فقد توصلوا مثلا الى معرفة تجميع الغازات فوق الماء أو الزئبق ، وتجفيف الغازات بامرارها فوق كربونات البوتاسيوم المجفف ، واستعمال الميزان بطريقة أفضل . ومع ذلك كانت آراؤهم مشوشة ، وذلك لوجود كثير من الحقائق الجديدة التى كانت تتناقض مع نظرية اللاهوب القديمة ، على الرغم من أنه لم يكن هناك حتى هذا الوقت نظرية تفضلها يسرون بمقتضاها . وفوق ذلك لم يكن لديهم خطة معترف بها لتسمية المركبات . ولذلك ففى الغالب لم يكن أحد من الكيمايين يعرف ما يتحدث عنه الآخر . وقد انتهت ربكتهم ووضعت الكيمياء على أساس متين بفضل ما قام به الكيماى الفرنسى ، لافوازييه ( ١٧٤٣ - ١٧٩٤ ) .

(١) نترات البوتاسيوم ( المترجم )



## ٢ - عمل لافوازييه فى الاحتراق

قام لافوازييه باكتشافاته فى المعمل الملاصق لترسانة باريس ، حيث اعتاد الاشراف على اعداد البارود . وهناك زاره بريستلى الذى أخبره عن هوائه الخالى من اللاهوب . وحوالى عام ١٧٧٠ بدأ لافوازييه سلسلة أبحاث عن الاحتراق . لقد اكتشف أننا نحصل بأشعال الفسفور فى كمية محددة من الهواء على مسحوق أبيض ، ويتبقى حوالى أربعة أخماس الهواء الأصيل ، وأن الهواء المتخلف لا يمكن أن يشتعل شئ فيه أو تتنفسه الحيوانات .

وبعد ذلك وجه عنايته الى الاحتراق البطيء أو تكلس (١) القصدير والرصاص . وكان معروفا من زمن طويل وجود زيادة بسيطة أثناء هذه العملية ، الكلس المتخلف الذى يبلغ وزنه أكثر من المعدن الأصيل . وكانت هذه بالطبع حقيقة أخرجت المؤمنين بنظرية اللاهوب ، الذين اضطروا أن يؤكدوا أن اللاهوب به عنصر خفة أو وزن سلبى ، وعلى ذلك فحينما ينبعث من الجسم يتركه أثقل من ذى قبل . وكان رأى لافوازييه أن هذه الفكرة فكرة سخيفة ، وكان متيقنا أن الزيادة فى الوزن يجب أن تكون راجعة الى اضافة شئ ما .

حينئذ وضع أفكاره فى محك الاختبار . أخذ قنينة زجاجية موزونة ، ووضع داخلها كمية هواء موزونة ، وأغلق القنينة اغلاقا محكما ، وبعد ذلك سخنها لبضع ساعات وتركها تبرد . ثم وزنها مرة ثانية ، ولكنه لم يلاحظ تغيرا . وعند فتحه القنينة سمع اندفاع هواء الى الداخل . وعند إعادة وزن القنينة وجد زيادة فى الوزن . وعند وزنه كلس القصدير غير المتغير ، وجد زيادة فى الوزن مساوية لوزنه الهواء الذى اندفع الى داخل القنينة . وكانت هذه نتيجة تستحق الملاحظة بدرجة كبيرة .

وكانت تجربة لافوازييه الحاسمة تتخلص فى أنه قام بتسخين وزن معروف من الزئبق ملامس لحجم مقاس من الهواء مدة اثنى عشر يوما . وفى نهاية تلك المدة لاحظ نقصا فى حجم الهواء ، ووزن كلس الزئبق الأحمر الناتج . ووجد أن الهواء المتخلف لا يساعد على الاحتراق وأن الحيوانات لا يمكنها التنفس فيه . وبعد ذلك سخن الكلس الأحمر ، وحصل منه على الحجم المضبوط من الهواء الذى سبق امتصاصه ،

---

(١) ترسب أملاح الكلسيوم ( المترجم )



ووزن الزئبق الذى بدأ به . اذن فقد كانت كل الحقائق معدة لايجاد نظرية لافوازييه فى الاحتراق التى يمكن تلخيصها فيما يلى :

- ١ - يتكون الهواء من غازين على الأقل ، أحدهما يتحد بالمعادن أثناء التكلس ، مما ينتج عنه زيادة بسيطة فى الوزن .
- ٢ - أن الهواء ضرورى لكل احتراق .
- ٣ - أن كلس المعدن ليس عنصرا ، ولكنه مكون من المعدن وهذا الهواء .

ولاحظ لافوازييه أنه حينما تبل تلك المواد التى تتخلف بعد احتراق الكبريت والفوسفور تنتج موادا ذات طابع حمضى . ولذلك غير اسم « الهواء الخالى من اللاهوب » المعقد الى كلمة بسيطة هى اكسجين التى تعنى المبدأ التحيضى . وسمى هواء كافينديش القابل للاشتعال « ايدروجين » .

واستعمل لافوازييه كلمة عنصر للدلالة على جسم يتركب ، على قدر ما نعرف من تجاربنا ، من نوع واحد من المادة فقط التى لم تقسمها الى ما هو أبسط منها . ويتفق هذا مع وجهة نظر بويل وفى الحقيقة مع أفكارنا اليوم .

وعلمت نظرية لافوازييه فى الاحتراق كل الحقائق المعروفة ، وكانت الضربة المميتة لنظرية اللاهوب الغامضة . وبدأ لافوازييه أيضا مراجعة الأسماء التى على المركبات الكيماوية . وقبل وقته كانت هناك بلبلة كبيرة ، اذ كانت الأسماء لا تشير الى تركيب المادة ، وغالبا ما كان لنفس المادة عدة أسماء متباينة . ولذلك قدر لافوازييه وأتباعه أنه من الواجب ان يبين اسم المركب كيفية اشتقاقه . وأوضح أن النظام المثالى للتسمية يجب أن يكون نظاما تعبر الكلمات فيه عن أفكار تذكر الانسان بالحقائق . وهذا صحيح بالنسبة لمسمياتنا الكيماوية الحاضرة . فمثلا يبين اسم كبريتيد الحديد مركبا من حديد وكبريت ، ويذكر المرء بأنه يمكن تكوين هذا المركب من الاتحاد المباشر لهذين العنصرين .

وقد نظم عمل لافوازييه دراسة الكيمياء . وتقدمت الكيمياء ، بخطى حثيثة بفضل نظرية الاحتراق المعقولة ، ووضع نظام واضح للتسمية ، وأجراء تجارب قائمة على دقة الوزن والقياس . ولم يعش لافوازييه الا سنين قليلة ليتمتع بثمار مجهوداته . لقد عاش خلال صخب الثورة الفرنسية وما أريق من دماء فيها . وقد سبق ذلك الذى كان فى استطاعته أن يسبغ على اسم العلم مجدا اضافيا الى المقصلة سنة ١٧٩٤ اذ قيل أن الجمهورية ليست فى حاجة الى علماء .



### ٣ - نظرية دالتون الذرية

ان التقدم العلمى كما ذكرنا من قبل لا يتلخص فى مجرد جمع الحقائق ، اذ ان الخيال والتخمين يلعبان فيه دورا جوهريا . ويتجلى هذا فى الخدمات التى أسدتها نظرية جون دالتون ( ١٧٧٦ - ١٨٤٤ ) الى الكيمياء .

كان دالتون ابن نساج يدوى من كمبرلند ، وظل يعمل مدرسا عدة سنين . ولم يترك له عمله اليومى الا قليلا من الفراغ . ومع ذلك قرا كثيرا فى الرياضيات والطبيعة ، وأصبح متفقا بدرجة كبيرة فى مؤلفات نيوتن . ونتج عن ذلك ان ألم دالتون بفكرة الذرات التى شغلت بال نيوتن كثيرا .

ان كلمة ذرة تعنى شيئا لا ينقسم . وقد استعملت زمنا طويلا طويلا لتدل على الجسيمات النهائية التى تقبل التجزئة والتى تتكون الأجسام كلها منها . وترجع الفكرة الى الاغريق الذين عاشوا فى القرن الخامس قبل الميلاد . ولكن هنا يقع الخلاف ، اذ ان هذه الفكرة كانت عند الاغريق مجرد تخمين موفى ، ولا شىء غير ذلك . اما فكرة دالتون فكانت من الناحية الأخرى فرضا مبنيا على استنتاجات منطقية جرت على النسق الآتى :

دعنا نفترض وجود ذرات لها خاصيات مختلفة ، وحينئذ دعنا نرى الى أين ستؤدى بنا هذه الفروض . وقد أدى بنا فرضه الى اكتشاف حقائق معينة عن الاتحاد الكيميائى . وأدت به هذه الحقائق الى مشاهدات جديدة أكدت كلها فرضه الأسمى . وهكذا فان اكتشاف قوانين الاتحاد الكيميائى لم يقم على تجميع الحقائق ، بل قام على افتراض . وهذه طريقة مناقضة تمام المناقضة للطريقة التى وضعها ليكون .

وكان دالتون يرى أن الذرات انما هى كريات صغيرة تختلف عن بعضها البعض فى الوزن ، وصور الاتحاد الكيميائى على أنه اتحاد للذرات ، اما اتحاد ذرة بأخرى ، أو ذرة بذرتين ، أو اثنتين بثلاث ، وهكذا ، ولكن الاتحاد فى جميع الحالات يحدث بين ذرات بأكملها ، حيث كان من المعتقد أن الذرات لا يمكن افناؤها أو تقسيمها . وقد صور أبسط حالة من حالات الاتحاد الكيميائى بأنه اتحاد ذرة من عنصر وليكن ( ١ ) مع ذرة من عنصر آخر وليكن ( ب ) . وبافتراض أن وزن ( ١ ) المذكور يساوى وزن ( ب ) اثنتى عشرة مرة ، فقد كان دالتون يستنتج بناء على هذه أن كل ذرة من عنصر ( ١ ) تزن اثنتى عشرة مرة قدر اكل ذرة من



عنصر (ب) . وقد عرف طبعا أنه ليس فى مقدوره وزن ذرات مفردة بميزان . ولكن وجهة نظره هذه عن التغير الكيمائى هيأت له الوسيلة لاكتشاف كم مرة وزن ذرة قدر ذرة أخرى . وبمعنى آخر أعطاه ذلك أوزانا نسبية لا أوزانا فعلية .

وأصبح وزن الذرة بالنسبة لوزن ذرة الأيدروجين الذى يرمز اليه برقم ١ يعرف يعرف بالوزن الذرى . وكانت تجارب دالتون الخاصة بتجارب لا تتميز بالدقة التامة . ولقد تبين أيضا نقطة ضعف فى تحديد الأوزان الذرية . ولم يهتد الى طريقة للكشف عن كيفية اتحاد الذرات بعضها مع بعض ، أهى تتحد الواحدة مع الأخرى ، أو تتحد ذرة مع اثنتين ، وهكذا . وقد أثار هذا شكاً شديداً إذا كانت القيمة التى قدرها للوزن الذرى صحيحة ، أو هل من الواجب ضربها  $\times 2$  أو  $\times 3$  وهكذا ، أو قسمتها بهذه الطريقة ، وقد أوضح خلفاؤه هذا التشكك توضيحا تاما . وأوضح دالتون فى نفس الوقت الطريق القويم الذى يسلكونه .

ويمكننا تلخيص نظرية دالتون فيما يلى :

١ - كل مادة تتكون من أعداد هائلة من جسيمات متناهية فى الصغر ، تدعى ذرات .

٢ - الذرات غير قابلة للفناء ، وينتج عن هذا أنه لا يمكن أن يكون هناك فناء نهائى لأية أشياء مادية ، وهذا ما نعرفه باسم قانون بقاء المادة .

٣ - لذرات المواد المختلفة أوزان مختلفة .

٤ - الاتحاد الكيمائى هو عبارة عن اتحاد الذرات ، ويتبع هذا أن يحتوى نفس المركب باستمرار على نسب العناصر التى يتكون منها (١) . وتعرف هذه النتيجة بقانون النسب الثابتة .

٥ - وبما أن الذرات فرضا لا يمكن تقسيمها ، فإنه يجب أن تتحد ذرة من أحد العناصر بذرة ، أو ذرتين ، أو أكثر من الذرات الكاملة لعنصر آخر . ونتيجة لذلك فعند اتحاد عنصرين ليكونا عدة مركبات مختلفة (٢) ، فإن الأوزان المختلفة للعنصر الواحد التى تتحد مع وزن

---

( ١ ) لملح الطعام مثلا سواء تكون من عناصره فى المعمل ، أو استخرج من المناجم ، أو نقى من ملح البحر ، يحتوى دائما على عنصرى الصوديوم ، والكلور متحدين سويا بنفس النسب وزنا .

( ٢ ) ونذكر لذلك مثلا أكسيدات النيتروجين الخمس ، وأكسيدى النحاس .



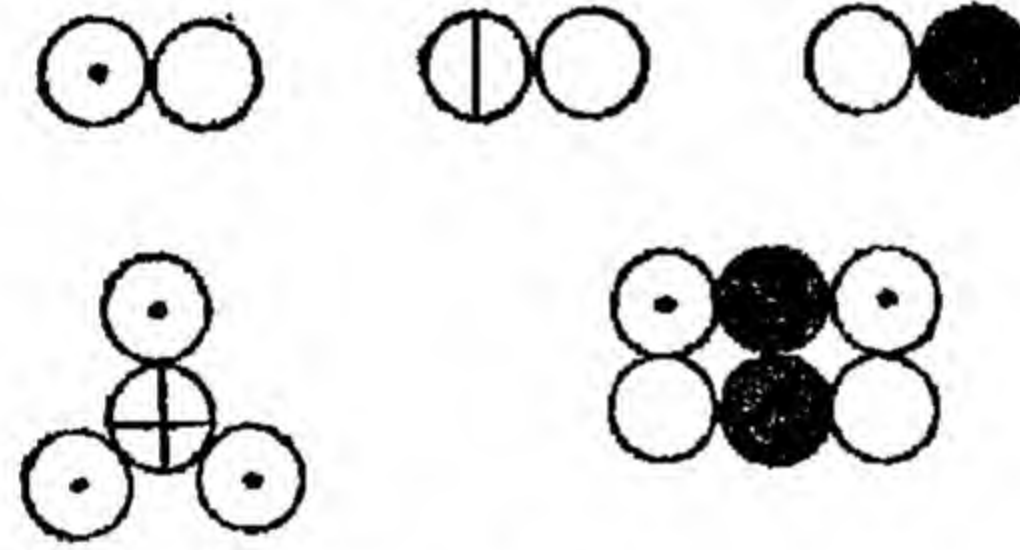
معين للعنصر الآخر ، يكون بين بعضها البعض نسبة عددية بسيطة .  
وهذه النتيجة هي ما نعرفها اليوم بقانون النسب المتضاعفة .

ونشرت نظرية دالتون وتقديراته للأوزان الذرية سنة ١٨٠٨ ، في كتاب عنوانه « نظام جديد للفلسفة الكيماوية » . وقد أثارت النتائج التي وصل اليها اهتماما بالغاً . لقد وجد الكيماويون أن الاستنتاجات الرئيسية المستقاة من نظريته تتفق مع نتائج مستقاة من تجارب أخرى . وسرعان ما اعترف الناس بقيمة عمله ، وانهالت عليه ألقاب الشرف من بلاد عديدة .

ومع ذلك بقي دالتون كوكريا (١) متواضعا سليم الطوية الى آخر أيامه . انه لم يسع الى الاعتراف بفضل من رجال العلم في العالم . حقا لقد زاره عالم فرنسي فكان عليه أن ينتظر حتى فرغ دالتون من مد يد المعونة لصبي باعطائه نقودا من لديه .

#### ٤ - تقديم النظرية الذرية

اعتاد دالتون في توضيحه لبراهينه أن يمثل الذرات بصور على شكل دوائر أو نقط ( شكل ٢٨ ) . ولابد أن كانت هذه عملية مضنية .



( شكل ٢٨ )

نوع الرموز التي استعملها دالتون

جدا . ونحن نستعمل الآن رموزا أكثر سهولة بكثير وهي الحروف ، وهي عادة الحروف الاولى من الاسماء ، مثل ك للكربون ، ويد ٢ للايدروجين ، وكب للكبريت ، و أم للأكسجين . وهي طريقة يعرفها دارسو الكيمياء في جميع أنحاء العالم . انها لا تهيب لنا اختزالا سريعا فحسب ، بل انها وسيلة للتعبير عن النتائج التجريبية أيضا . ويرجع اتخاذ الحرف الأول

(١) الكوكريون هو الاسم الذي يطلق على جماعة الاصدقاء وهي طائفة دينية بروتستانتية أسسها جورج فوكس في القرن السابع عشر . وهي لا تعترف بالتعميد ، ولا بالعشاء الرباني ، وتعارض القسم بالايمان ، ويتميز الكوكريون ببساطة هندامهم وتجنب الفساذق التفخيم في حديثهم ( المترجم )



كرمز لعنصر الى الكيمائى السويدي بيترتزيليس ( ١٧٧٩ - ١٨٤٨ )  
الذى قام كذلك بتحليلات دقيقة أكدت قوانين النسب الثابتة ، والنسب  
المتضاعفة ، وضمنت بذلك اعتناق النظرية الذرية اعتناقا عاما . وترجع  
الخطوة العظيمة التالية الى كيمائى ايطالى يدعى أماديو أفوجادرو ( ١٧٧٦ -  
١٨٥٦ ) .

وبدأ الكيمائيون فى جميع أنحاء أوروبا المختلفة يقومون بنصيبهم فى  
تأييد النظرية الذرية لدالتون . وقامت التجارب على قدم وساق ،  
وتتابعت بسرعة احداها فى أعقاب الأخرى . وكان أفوجادرو من بدء الأمر  
من المؤمنين ايمانا عميقا بالنظرية الذرية . وكان يعلم من التجارب التى  
قام بها الكيمائى الفرنسى جيبى لوساك ( ١٧٧٨ - ١٨٥٠ ) أن الغازات  
تتحد سويا بنسب بسيطة - أى أن قدما مكعبا من غاز يتحد مع نصف  
قدم مكعب من غاز آخر ، أو مع قدمين مكعبين ، أو مع ثلاثة . ويعبر بعدد  
صحيح عن النسب بين الأحجام . وجعلت هذه النتيجة أفوجادرو يمعن  
التفكير . فتصور اتحاد الغازات فى ذهرة ، وميزبين الذرات بصفتها  
أصغر الجسيمات التى تقوم بدور فى التغير الكيمائى وبين الجزيئات  
كأصغر جسيمات يمكن أن توجد على حدة . ورأى أنه اذا احتوت مقادير  
متساوية الأحجام من جميع الغازات فى نفس الظروف عددا متساويا من  
الجزيئات ، فإن ذلك من شأنه أن يبين السبب الذى من أجله تتحدد  
الغازات بمثل تلك النسب الحجمية البسيطة ، ويوضح أيضا بعض  
النتائج الأخرى المحيرة للألباب (١) .

وعلى ذلك فقد عرف أن حجما واحدا من النيتروجين يتحد مع حجم  
مساو له من الأكسجين ليعطى فى نفس الظروف حجمين من أكسيد  
النيتريك . وأدرك أفوجادرو أن الحجم الواحد من النيتروجين لا بد أنه  
كان يحتوى على نفس العدد من ذرات النيتروجين الموجدود فى حجمى  
أكسيد النيتريك . ويجب طبقا لفرضه أن يحتوى حجما أكسيد النيتريك  
ضعف عدد الجزيئات التى كانت فى الحجم الواحد من الأيدروجين أو من  
الأكسجين . وعلى ذلك ينتج أن جزيئات كل من هذين الغازين تتكون  
من ازدواج ذرى ، بينما يتكون جزء أكسيد النيتريك من ذرة واحدة من  
الأكسجين متحدة بذرة واحدة من النيتروجين .

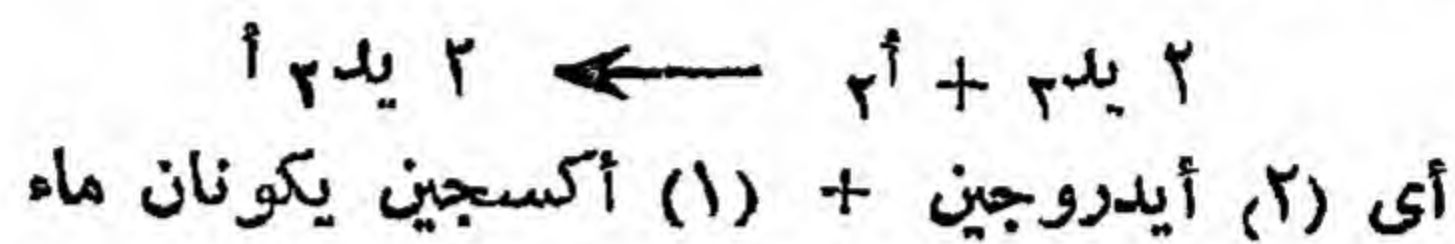
ووجد أيضا من التجارب أن حجمين من الأيدروجين يتحدان مع حجم  
من الأكسجين لتكوين حجمين من البخار مقاسين تحت نفس الظروف .

---

(١) ان افترض افوجادرو غالبا ما يعرف بفرض افوجادرو ، وهو الان جزء  
جوهرى من النظريات الفيزيائية الحديثة .



وعلى ذلك فإن ثلاثة أحجام قبل اتحادها أعطت حجمين فقط بعد الاتحاد . وكانت هذه مشكلة محيرة أخرى . ويحتوى كل من حجمى الأيدروجين وحجمى البخار طبقا لفرض أفوجادرو على نفس العدد من الجزيئات . وعلى ذلك يجب أن يكون عدد ذرات الأكسجين ، وعدد ذرات الأيدروجين واحدا قبل الاتحاد وبعده . ولكن يجب أن توزع ذرات الأكسجين بين عدد من جزيئات البخار يساوى ضعف عدد الجزيئات التى كانت بالأكسجين . ومن الواضح امكان هذا فقط لو أن كل جزيء أكسجين ، وكل جزيء أيدروجين يتكون من ذرتين ، وبذلك يكون كل جزيء بخار مكونا من ذرتين أيدروجين متحدتين مع ذرة أكسجين . ويمكن التعبير عن هذه المعادلة بما يأتى :



وباتباع طرق دالتون قدر الكيميائيون الوزن الذرى للأكسجين برقم ٨ مفترضين كما فعل دالتون أن ذرة من الأيدروجين تتحد مع ذرة من الأكسجين . ومع ذلك فبعد أن بين أفوجادرو أن ذرتين من ذرات الأيدروجين تتحدان مع ذرة أكسجين واحدة ، فقد اتضح وجوب مضاعفة التقدير ، واعتبار الوزن الذرى للأكسجين ١٦ .

وقد أمدت نظرية أفوجادرو الكيميائيين بوسيلة لايجاد الأوزان الذرية بشكل مؤكد مقبول ، ولكنهم لم يستفيدوا منها فى الحال ، فقد أخذت وجهات نظره وقتا طويلا لتصل البلاد الأخرى بالنسبة لحال أوروبا المضطربة وقت نشر نتائجه عام ١٨١١ . وعلاوة على ذلك فإن كثيرا من الكيميائيين المبرزين لم يبدلوا أى جهد لتفهم أفكاره . وبعد مواراته التراب فقط صار احد مواطنيه كانيتسارو ( ١٨٢٦ - ١٩١٠ ) داعية له ، وأظهر أهمية نظريته بشكل مقنع على الأخص فى ايجاد الأوزان الذرية . ومنذ ذلك الوقت صارت نظرية أفوجادرو جزءا هاما من النظرية الكيماوية وهى فى الحقيقة تكمل العمل الذى بدأه دالتون .

## ٥ - استقرار الكيمياء الحديثة

ان المبادئ التى وضعها بويل ، ولافوازييه ، ودالتون ، وأفوجادرو وضعت أسس الصرح العظيم للكيمياء الحديثة . وبعد ذلك ساهم عمال أكثر فأكثر فى هذا البناء ، فأضيفت طوابق جديدة ، وشيدت أجنحة جديدة ، ولكن البناء الرئيسى قام على الأسس التى وضعت من قبل . وكلما تحسنت الطرق التجريبية ، وجد الكيميائيون فى البلاد المختلفة تقديراتهم للأوزان الذرية متلائمة بشكل أكبر . ولذلك اتفقوا



على قيم معينة وتمسكوا بها . وبعد ذلك بذلت مجهودات عديدة لايجاد بعض الصلة بين الوزن الذرى والخواص الكيماوية . وادى التعرف على « فصائل » العناصر فى النهاية الى طريقة للتصنيف تعرف باسم القانون الدورى . واظهرت هذه الطريقة حتى ذلك الوقت علاقات لا ريب فيها بين العناصر ، وادت الى كشف عدة عناصر جديدة . ويمكن مقارنة مثل هذه الاكتشافات التى اسست على القسسانون الدورى باكتشاف الكوكب نبتون عن طريق التنبؤ المبنى على قانون الجاذبية .

واتسع مجال الكيمياء اتساعا كبيرا باستعمار آلات اكثر دقة . وعلى ذلك فكما أن جاليليو قد بحث السماء بتلسكوبه ، واكتشف اقمارا جديدة ، فكذلك درس كيمائيو أواسط القرن التاسع عشر باستعمالهم آلات أعظم دقة بكثير الضوء القادم من السماء واكتشفوا عناصر جديدة . واستعمل الكيمائيون منشورا لتحليل الضوء كما فعل نيوتن . وكان يتكون جهازهم من شريحة ينفذ الضوء خلالها ، وعدسة لجعل حزمة من الأشعة تسقط على المنشور . بعد ذلك يتحلل الضوء الى ألوان الطيف ، وبواسطة عدسة أخرى تتجمع كل ألوان الطيف فى بؤرة . وعلى ذلك فقد كان الطيف يشاهد بواسطة عدسة عينية من نفس النوع المستعمل فى التلسكوبات .

وأصبح مثل هذا الجهاز المكون من شريحة وعدسة ومنشور وتلسكوب يعرف باسم المطياف . وتمكن الكيمائيون بالاستعانة به من تحليل الضوء المنبعث من مصادر ضوئية مختلفة ، ومن التعرف على النوع المميز للضوء المنبعث من عناصر معينة . وبهذه الطريقة اكتشفوا وجود عناصر معروفة تماما على الأرض فى ضوء الشمس والنجوم ، وعناصر تعرفوا عليها أولا فى الشمس ثم وجدت بعد ذلك على الأرض . وقد كشف المطياف ، الذى جعله التصوير الضوئى الذى هو نفسه من نتائج البحث الكيمائى آلة أعظم دقة بكثير ، علاقات بين أطيف العناصر المختلفة مما ساعد على كشف سر الذرة ذاتها . والمطياف مثل طيب للطريقة التى تتجمع بها المعلومات من مصادر مختلفة ، وتؤدى الى تقدم جديد .

وتميزت التطورات الحديثة الكيماوية كلها بتحكم الكيمائى المتزايد فى موارده ، وبالطريقة التى رسمت له بها النظرية الخطوط التى يسير عليها فى عمله . وكان الناس يتبعون قى عملهم فى الأيام القديمة طرقا خبط عشواء ، وكانوا غير موقنين اطلاقا بأنهم سيعثرون على شىء جديد . ومع ذلك فالباحث الكيمائى الملم بالفعل بالميدان الذى يعمل فيه يسير فى طريق استقصاء محدد طبقا لقواعد مقررة تعلمها من معمل الطبيعة ذاته .



ولم يبد هذا التحكم المتزايد فى أى فرع من فروع الكيمياء أحسن مما بدأ فى دراسة مركبات الكربون التى لا حصر لها . وقد بدأ التقدم فى هذا الفرع بأبحاث الكيميائى الألمانى جوستوس فون ليبج (١٨٣٠-١٨٧٥) وكان مكتوبا فوق باب معمل ليبج كلمات معناها أن الله خلق كل شئ فى كونه بموازين وقدر . وكان هذا المبدأ مصدر الهام للطرق الدقيقة التى اتبعت فى التحليل الكمى الذى أوجده ليبج ، والذى أثبت به تركيب أعداد كبيرة من المركبات .

وكان المعتقد فى ذلك الوقت أن المواد التى من أصل نباتى أو حيوانى - أى المواد العضوية - تختلف اختلافا جوهريا عن تلك التى ليست من أصل حيوى ، أى المواد غير العضوية . ومع ذلك توصل فوهرل ( ١٨٠٠ - ١٨٨٢ ) أحد زملاء ليبج من تحضير بولينا ، وهو مركب كان حتى ذلك الوقت معروفا أنه من أصل حيوانى فقط . بخر محلولها من سيانات الأمونيوم حتى جف . وبهذه الطريقة حصل على راسب ثبت أنه يشبه البولينا شبيها تاما . ومن الممكن الآن تكوين سيانات الأمونيوم أو تخليصها بسهولة من عناصرها بالمعمل . ولذلك فقد تحولت فى هذه الحالة مادة غير عضوية الى مادة عضوية بمجرد فعل الحرارة . ومع ذلك فما زلنا نستعمل لفظ الكيمياء العضوية كتعبير مناسب عن كيمياء المركبات الكربونية .

وقد اعترف بحق بأن التحول من سيانات الأمونيوم الى البولينا يرجع الى إعادة تنظيم الذرات ، التى تتحد مع بعضها البعض بشكل مختلف داخل الجزيء ، بالضبط كما تجمع فرقة الرقص الواحد شمل نفسها على المسرح بطرق مختلفة . وسرعان ما كشفت الطرق التحليلية الدقيقة عن أمثلة كثيرة من المركبات لها نفس نسبة التركيب ، ويتكون بذلك من نفس الذرات ، ولكن بخواص كيميائية مختلفة . وتعرف مثل تلك المركبات باسم المتشابهات (١) . ويرمز للكحول العادى ، وأثير الديميثيل اللذين يتكون كل منهما من كربون ، وأيدروجين، وأوكسجين بالمعادلة كى يدها . ولكن هذين المركبين هما المعروفان فقط بأن لهما هذا التركيب ، وعلى الرغم من أنه قد يبدو كما لو أنه لابد من أن تكون هناك طرق أخرى كثيرة لترتيب الذرات التسع . وللكافور الذى هو مركب أكثر تعقيدا بكثير من الكربون ، والأيدروجين ، والأوكسجين أكثر من مائة متشابه . ومع ذلك فيبدو أن للطبيعة هنا أيضا طرقها الخاصة فى تحديد تجمع الذرات الممكنة . وكان اجتلاء هذا السر لغزا فائنا يستهوى رجل الكيمياء .



وكان مفتاح هذا السر هو فى الالمام بأعداد كبيرة من المركبات الكيماوية تشابه بعضها بعضا تشابها وثيقا فى خواصها الكيماوية . وتشبه مثل تلك السلسلة من المركبات عائلة كبيرة ، وجه الشبه بين أفرادها أكثر وضوحا بكثير منه بين الكائنات البشرية. ووجد الكيمايون بين تلك الفصائل من المركبات مجموعة من العناصر تحتفظ بذانيتها باستمرار وتؤثر فى خواص كل مركب . ويعرف مثل هذا العنصر أو مثل تلك المجموعة من العناصر باسم الشق . وتبدو هذه الشقائق المركبة كأنها وحدات تجميع الطبيعة الخاصة . وكان التعرف عليها هو مفتاح لغز التشابهات ، اذ أظهرت كيف أن عدد وحدات مركب معين يتحدد بواسطة التجميع الى شقائق .

وحوالى منتصف القرن التاسع عشر كان التعرف على نظرية التكافؤ حافزا قويا لدراسة الكيمياء العضوية. ويمثل تكافؤ العنصر عدد الوحدات التى يمكن تقسيم قدرته الاتحادية اليها . وعلى هذا يتحد الأكسجين عموما مع ذرة أو ذرتين من العناصر الأخرى ، بينما يتحد الأيدروجين مع ذرة واحدة من غيره من العناصر . ومن جهة أخرى فان الكربون يتحد مع أربع ذرات من الأيدروجين . ولذلك يقال أن تكافؤ الأيدروجين ١ ، والأكسجين ٢ ، والكربون ٤ . وبافتراضنا أن تكافؤ الكربون هو باستمرار ٤ ، وأن له القدرة على الاتحاد مع ذرات الكربون ، فان الكيمايين استطاعوا ايجاد رموز لتركيب كثير من المركبات العضوية ، وبذلك نظموا أفكارهم .

وبهذه الطريقة وجد الكيمايون أن كثيرا من مركبات الكربون يمكن تمثيلها بسلسلة من ذرات الكربون . ويمكن تمثيل أخرى بحلقة من ذرات الكربون والنمط الأول للمركبات الحلقية هو البنزين المشتق من قطران الفحم . وينشأ عن اضافة الشقائق لذرة أو لأخرى من حلقة البنزين مئات من المركبات . وفى هذه المركبات نجد أن ذرات الكربون المكونة للحلقة مرتبطة ببعضها ارتباطا قويا جدا ، بينما نجد الشقائق الاضافية مرتبطة ببعضها ارتباطا مفككا ، ويمكن تغييرها بسهولة دون أن يختل نظام الحلقة الرئيسية . وقد مكن فحص تركيب هذه المركبات الحلقية الكيماي من أن يتحكم فى العمليات الكيماية حسب مشيئته . وعلى ذلك فقد وجد أن أساس كثير من الأصباغ يتكون من حلقتى بنزين متحدتين مع ذرتين من ذرات النيتروجين . ووجد أن لون الصبغة الخاص بها يتوقف على وجود شقائق اضافية فى التكوين الاساسى للصبغة . وعلى ذلك كان فى استطاعة الكيماي أن يعمل كساحر منتجا ألوانا جديدة حسب ارادته .



وكلما ازدادت المعرفة بالمركبات الكربونية أكثر فأكثر تولدت مواد تخليقية هامة فى المعمل . فمثلا زيت عنب القطا (١) الذى نحصل عليه من لحاء الصفصاف ، والذى استعمل مدة طويلة علاجا للروماتزم وجد أن نشاطه يرجع الى وجود حامض الساليسيليك . ومع ذلك سرعان ما تعلم الكيميائيون تركيب هذا المركب فى المعمل . ووجدوا علاوة على ذلك أن خواصه تتعدد باضافة شق معين يدعى شق الأسيتيل . ويسمى الناتج عن ذلك اذن باسم حامض آسيتيل الساليسيليك المشهور باسم الأسبرين . ولذلك فقد تخلق فى المعمل الكثير من الأدوية الطبية الطبيعية ، وكذلك أنواع كثيرة من المطهرات ومواد التخدير ، والأدوية لعلاج أمراض خاصة . وقد مكن الكيميائي الطبيب أن يصف علاجا دقيقا محددًا بتحضيره هذه المواد فى صورة نقية ، وبذلك اتسع مدى العلاج الطبى اتساعا عظيما .

وقد بنيت انتصارات الكيمياء العضوية على النظرية الذرية . ولكن من المعروف أن الذرة الآن ، على الرغم من أنها مازالت تعتبر وحدة التغيير الكيميائى ، تتكون من نواة تدور حولها فى مدارات وحدات دقيقة ذات شحنة كهربية تدعى الإلكترونات . ويتكون التغيير الكيميائى من إعادة ترتيب تلك الإلكترونات التى تدور فى مدارات وذلك بين الذرات المختلفة مع بقاء النواة فى كل حالة كما كانت من قبل . ومن المعروف الآن أن النويات الذرية تتكون من وحدات كهربية ، بعضها موجب الشحنة وبعضها متعاادل الشحنة . وعلى ذلك إقننحنا لا نعتبر الآن أن الذرات الكيماوية مواد مختلفة يتراوح عددها ما بين ٩٠ و ١٠٠ ، بل أنها مكونة من نفس الوحدات الكهربائية الأولية ، وبذلك فهى أجزاء مرتبطة بعضها ببعض فى كون يجمع بين الأشياء الحية وغير الحية .

---

(١) نبات يدعى فى انجلترا خضرة الشتاء ، ويدعى فى أمريكا الجبلثر وهو نوع من الصفصاف . ( المترجم )





معمل كيمياء  
من صورة منقوشة عام ١٧٤٧



## الفصل التاسع

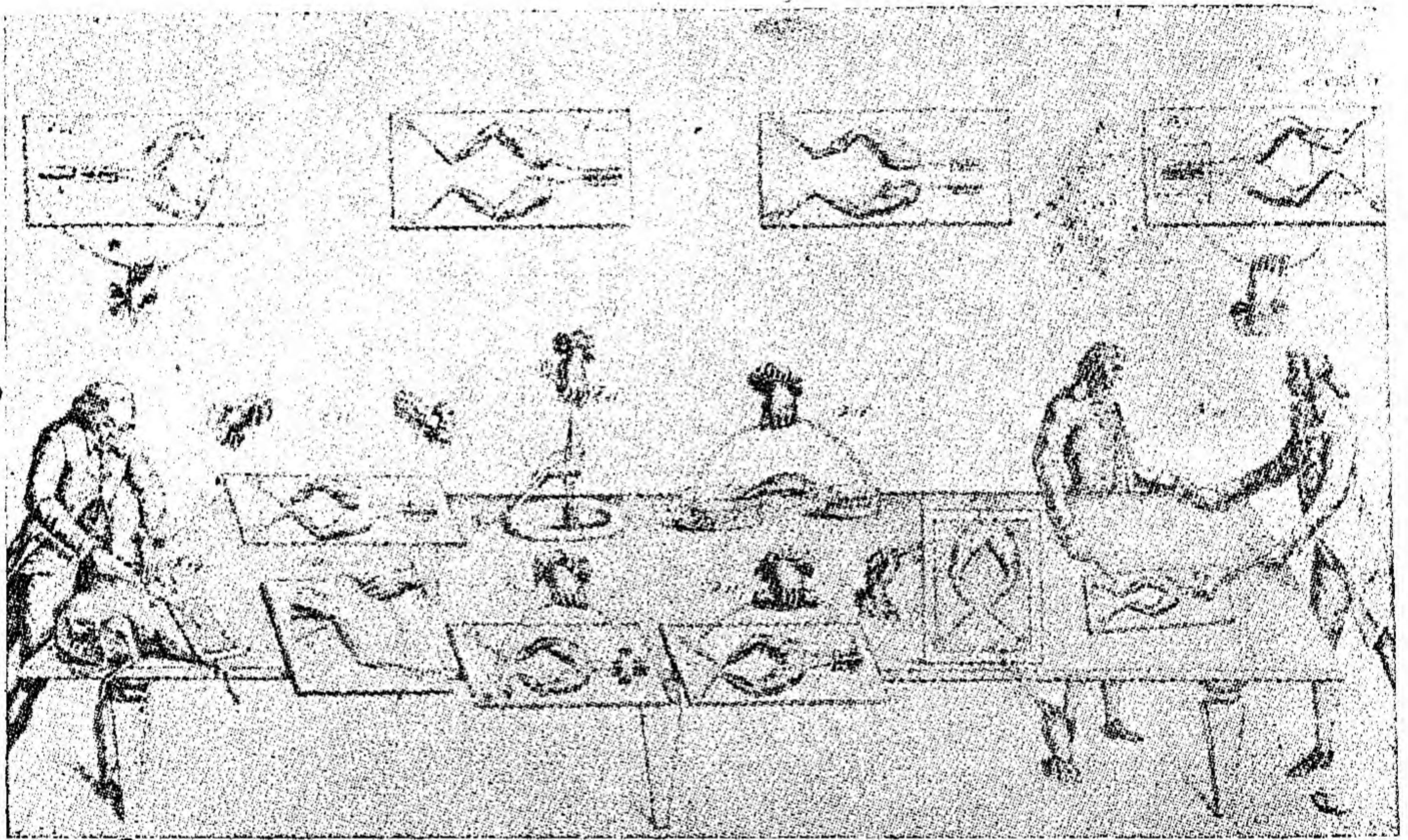
# الاهتداء إلى التيار الكهربائي

### ١ - الاهتداء إلى التيار الكهربائي

اننا لم نتعرف حتى نهاية القرن الثامن عشر على ما يعرف اليوم باسم التيار الكهربائي . وكان معروفا أن البرق ناتج عن تأثير الكهرباء في السحب . ولكن النتائج الوحيدة التي كانت موضع دراسة والتي كانت في متناول اليد هي الخاصة بالأجسام التي تتسكهرب بالدلك . وابتكر بعض الباحثين الأول ومن بينهم بريستلي آلات لتوليد الكهرباء بواسطة الاحتكاك . وقد أمضى بعضهم وقته في عمليات رياضية ، وأرهق آخرون أنفسهم باحثين فيما اذا كانت الكهرباء سيالا واحدا ، أو سيالين .

وتعطينا الدراسات الأولى لتأثير التيار الكهربائي أحد الأمثلة القليلة في تاريخ العلم لاكتشاف أتى بمحض الصدفة التامة . وكان الفضل في هذا يرجع الى عالم تشريح ايطالى يدعى جالفانى (١٧٥٧-١٧٩٨) الذى تصادف أن كان يقوم بتشريح ضفدعة . وحينما لمس عصبا معيناً اهتزت الضفدعة مما أثار دهشته ، وحاول نتيجة لذلك أن يكشف عن السر في هذا . وفى النهاية ايقن أن الشرط الضرورى لاجداث هذه الهزة الى الوراء انما هو ملامسة معدنين مختلفين لأعصاب وعضلات الضفدعة ( لوحة ٢٢ ) . وأثارت النتائج التى وصل اليها جالفانى اهتماما بالغاً ، وظن الكثير من الناس أن نوعاً جديداً من الكهرباء قد اكتشف ، وأضافوا عليه لقب الكهرباء الحيوانية ، أو الكهرباء الجلفانية . وتبعت هذه الدراسات الأولى أبحاث قام بها أستاذ ايطالى آخر هو فولتا ( ١٧٤٣ - ١٨٢٧ ) الذى وجد أن التأثيرات الكهربائية التى يشعر الانسان بها كصدمة تسرى خلال الأصابع كانت تحدث عند وضع معدنين مختلفين فى طبق يحتوى على ماء شديد الملوحة . ووجد أن التأثيرات

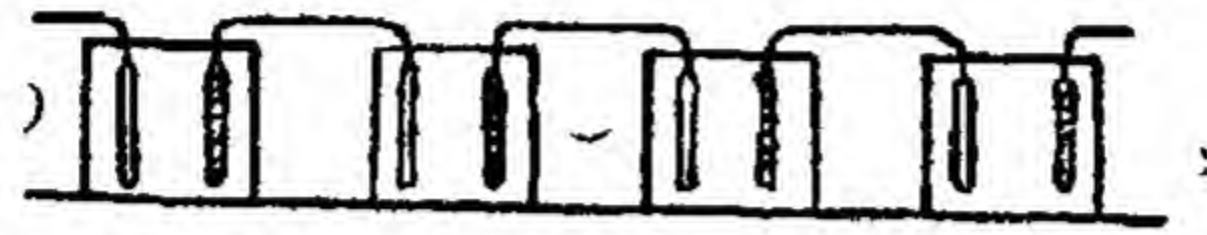




التجارب الأولى على التيار الكهربى  
الصورة فى معظمتها تبين أوجل ضمفادع تلامس معدنين مختلفين



كانت أعظم عند استعمال عدة ألواح معدنية تنفصل عن بعضها البعض بمادة مسامية مبللة بدرجة كبيرة . وكان الزنك هو أحد المعادن المستعملة باستمرار ، والمعدن الآخر أحيانا نحاس ، وأحيانا فضة . وأصبحت تعرف مثل هذه المجموعة من المعادن باسم العمود الفولتي أو البطارية الفولتية ( شكل ٢٩ ) .



( شكل ٢٩ )  
عمود فولتا ، أو البطارية

وأرسلت أنباء كشف فولتا للجمعية الملكية . وسرعان ما قام رجال العلم في إنجلترا وكذلك في القارة بصنع أعمدتهم الفولتية الخاصة . صنع اثنان من الباحثين الانجليز عمودا كبيرا ، ووضعوا قطرات ماء قليلة على الألواح الموضوع على القمة ليضمنا الاتصال بالمادة الرطبة . وبهذه الطريقة أكملوا الدائرة . وقد تولتاهما الدهشة حينما لاحظا سيلا من الفقاقيع ينبعث من الماء . ولذلك اختبرا هذا التأثير على نطاق أوسع . وأتما الدائرة الفولتية هذه المرة بغمس أسلاك ذهبية متصلة بالألواح الخارجية للعمود في اناء مملوء بالماء . وبهذه الطريقة وجدوا أن الأكسجين والأيدروجين انبعثا عند جميع النقاط التي انغمست فيها الأسلاك في الماء . وكانت هذه هي المرة الأولى التي تحلل الماء فيها عن طريق الوسائل الكهربائية . لقد أثبت كل من وات ، وكافنديش تكوين الماء عن طريق تحضيره ، أما هذه فكانت نتيجة عكسية تتلخص في تحليل الماء الى عناصره .

وطبيعى أن تثير تلك التجارب المبكرة في التحليل اهتمام العلماء في العالم . وقد أسرع الصيدلى الانجليزى دافى ( ١٧٧٨ - ١٨٢٩ ) ( ١ ) فاقتفى بحماس أثر الظواهر الجديدة . وبدأ بمحاولات في الماء ، ولاحظ حدوث تحليلات كيميائية باستمرار . وبعد ذلك أجرى تجارب مستعملا موادا مذابة بدلا من المحاليل . أخذ بوتاس كاوية نقية ، وأذابها في ملعقة مصنوعة من البلاتين ، وغمس قضيبا من البلاتين في الكتلة المذابة ، ثم وصل اللفة والقضيب بعمود فولتى . لقد ظهرت في الحال

( ١ ) دافى معروف في جميع أنحاء العالم كمخترع لمصباح الأمان المستعمل في المناجم . وكان أيضا أول من لاحظ أن غاز أكسيد الأزوتيك يحدث تخديرا . ومن ذلك الوقت فصاعدا صار هذا الغاز يستعمل في طب الاسنان على نطاق واسع .



كربيات معدنية براقه • ان في استطاعتنا أن نتصور غبطته • ان البوتاس الكاوية كانت تعتبر عنصرا حتى ذلك الوقت ، ولكنه الآن حصل على شيء آخر منها يبدو عليه أنه معدن • دعا دافى هذا المعدن الجديد بوتاسيوم • وسرعان ما عزل الصوديوم بعد ذلك بوسائل مشابهة • وتعد هذه التجارب بدء استعمال التيار الكهربى فى عمليات فنية كثيرة مثل طلاء الأدوات بالفضة أو النيكل أو فى صناعة حروف الطباعة كهربيا • وهى طريقة فى الطباعة تصنع بمقتضاها صور من اكليشييات لاستخدامها فى الطبع •

ولم يمض وقت طويل حتى لاحظ دافى آثار أخرى للتيار الكهربى • وكانت هناك بطارية فولتية هائلة تتكون من ألفين من الألواح المزدوجة من الزنك والنحاس فى المعهد الملكى فى شارع ألبيمارد الذى عمل مديرا له عدة سنين • وبمساعدة هذا الجهاز المهيّب حصل دافى على شرارة وصفها بأنها قوس أو عمود نور كهربى • ووصل أطراف البطارية الضخمة بقضبان من الكربون وضعت بحيث تحدث تماسا أولا ثم تنفصل بعد ذلك (١) • راقب القوس فلاحظ أن الكربون المتصل بالألواح النحاس ، والذى نسميه الطرف الموجب اشتعل بسرعة أكبر بكثير من الكربون الآخر متخذا شكلا كشكل الكأس • ووجد أن هذا القوس الكهربى بلغت حرارته درجة أذابت البلاتين وأشعلت النار فى قطع الماس • والقوس الكهربى ظاهرة مألوفة فى انارة الشوارع ، ويستعمل أيضا فى عمليات فنية كثيرة تتطلب أفرانا شديدة الحرارة مثل استخلاص الألمنيوم من خاماته ، ذلك المعدن الشائع الاستعمال اليوم ، اذ هو ضرورى مثلا للمسبوكات المستعملة فى السيارة والطائرة الحديثتين ، التى تعتمد لذلك على درجة الحرارة العالية للفرن الكهربى •

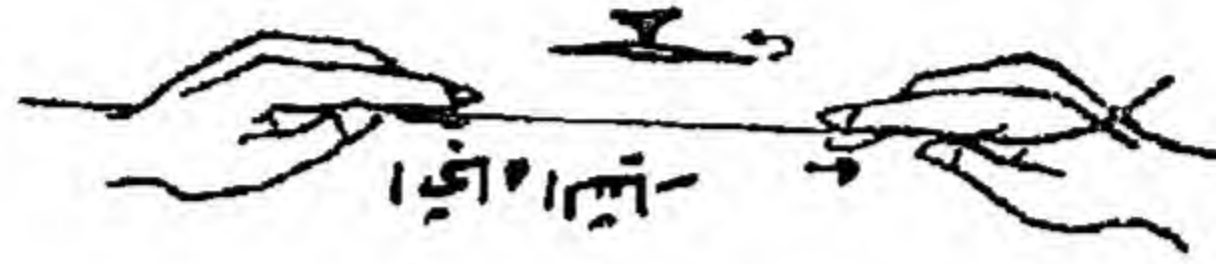
## ٢ - الكهرومغناطيسية

أثناء شتاء ١٨١٩ - ١٨٢٠ كان أستاذ طبيعة فى كوبنهاجن يلقى سلسلة محاضرات فى الكهرباء والجلفانية والمغناطيسية ، اذ خالجه شعور مدة طويلة أنه لابد من وجود علاقة ما بين هذه الظواهر • وقد كانت تجاربه الأولى تجارب فاشلة ، ولكنه وجد فى النهاية أنه حينما

( ١ ) ان من لديه بطارية مشعل جيب ، أو مركب يلاحظ حدوث شرارة عندما يوصل النهايات برهة ثم يفصلها عن بعضها • وهذا معناه أن التيار يقفز عبر الشفرة يتخذ طريقا لنفسه ، محدثا بذلك نورا وحرارة •



أمسك سلكاً حاملاً تياراً موازياً لمغناطيس نظر هذا السلك جانباً . لقد حقق هذه النتيجة ، وبذلك اقتنع أن التيار ينشأ عنه قوة مغناطيسية تعمل داخل السلك ( شكل ٣٠ ) وكان هذا الأستاذ هو هانز كريستيان أورستد ( ١٧٧٧ - ١٨٥١ ) وقد فتحت هذه النتيجة التي وصل إليها الباب على مصراعيه ليدان جديد كل الجدة من البحث .



( شكل ٣٠ )

تجربة أورستد

وسرعان ما ذاعت أنباء هذا الكشف . فخلال أسبوع وجد عالم فيزياء فرنسي يدعى أمبير ( ١٧٧٥ - ١٨٣٦ ) أن هناك تفاعلاً متبادلاً بين موصلين متوازيين يحملان تياراً كهربياً ، إذ يجذب الموصلان بعضهما البعض إذا كان التياران في نفس الاتجاه ، ويتنافران إذا سارا في اتجاهين متضادين . وعلاوة على ابتكار أمبير أجهزة دقيقة يمكن مشاهدة هذه الآثار بواسطتها تقدم بنظرية رياضية تامة .

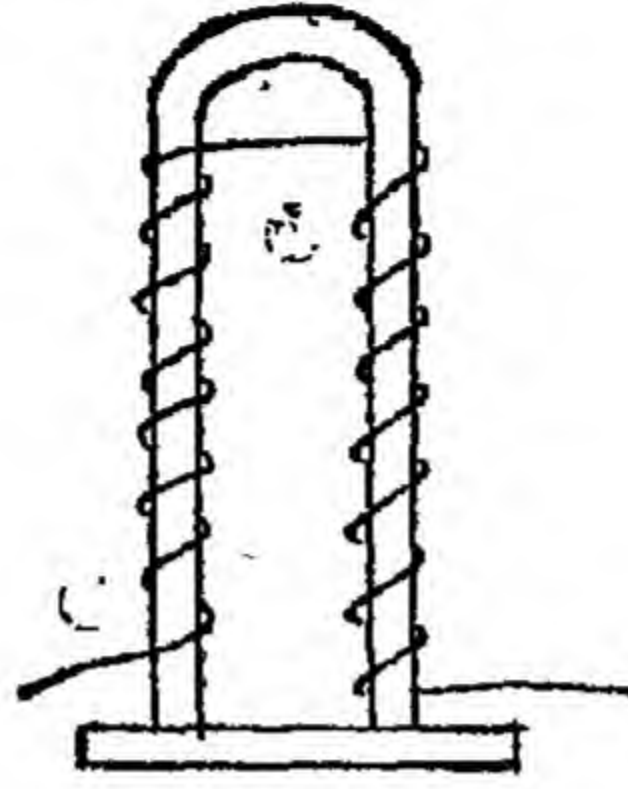
وأوجد اكتشاف أورستد الوسيلة للكشف عن التيار بتأثيره المغناطيسي ، ويطلق على الآلات التي تقوم بمثل هذه المهمة الجلفانومترات (١) . وتوجد في كل جلفانومتر قوة انحراف راجعة للتيار من شأنها أن تسبب انحراف الإبرة ، وقوة ضابطة تعمل على الاحتفاظ بالمغناطيس في وضعه الأصلي . وبلغ عدة ليات من السلك حول إطار أمبير ازدادت قوة الانحراف ، بينما بقيت القوة الضابطة كما كانت قبلاً بسبب مغناطيسية الأرض ، وذلك لأن الجهاز أصبح أشد حساسية . واستعملت مثل هذه الجلفانومترات في آلات التلغراف الأولى في النصف الأول من القرن التاسع عشر . وقد عيبر عن انحرافات الإبرة يمينا أو يسارا نتيجة لاتجاه التيار بحروف مختلفة استخدمت في إرسال الرسائل .

وسرعان ما أدخلت تحسينات في التلغراف حينما ألقى الضوء على حقائق أكثر في مجال الكهرومغناطيسية . وبعد اكتشاف أورستد بسنين قليلة صنع عامل ميكانيكي في لندن قطعة من حديد نقي نوعاً

(١) الجلفانومتر جهاز لمعرفة صفة التيار الكهربائي الموجود . ( المترجم )



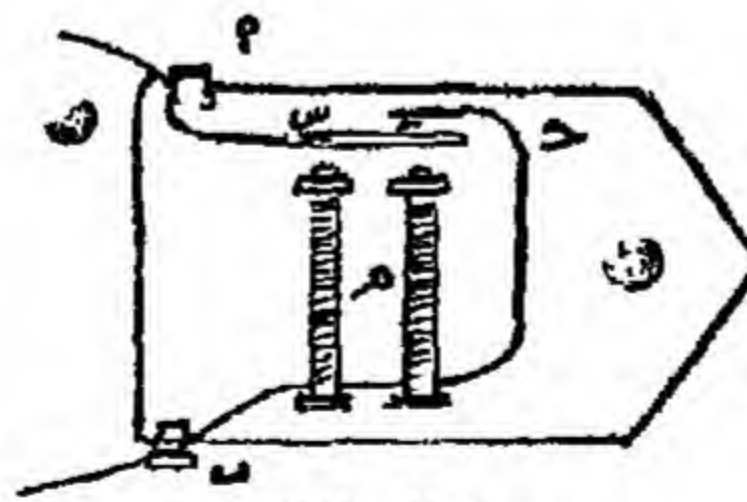
على شكل حدوة الفرس ملفوفة بلغة طويلة من السلك ( شكل ٣١ ) .  
وجد أنه عند أمرار تيار خلال اللفة يصير الحديد ممغنا ويلتقط قطعة  
أخرى من الحديد . ومع ذلك وجد عند حبس التيار أن الحديد فقد  
مغناطيسيته فورا ويسمى مثل هذا الجهاز المغنطيس الكهربى . وسرعان  
ما وضعت المغنطة الفجائية للحديد واستلاب المغنطة منه موضع  
الاستخدام العملى فى ارسال البرقيات بواسطة التلفراف .



( شكل ٣١ )

مبدأ كهرو مغنطيس حدوة الفرس

وعلى ذلك وجد أن الراسل يمكنه أن يستثير تيارا كهرومغناطيسيا  
فى الطرف المستقبل بمجرد تحريكه مفتاحا متحركا ، وبذلك يجذب  
المغنطيس الكهربى قطعة حديد ملتصقة بزنبرك ، وتحدث بذلك طقطقة .  
ويمكن للراسل بعد ذلك أن يطيل الفترات بين الطقطقات أو يقصرها ،  
وبهذه الطريقة يرسل الرسالة حسب قانون متفق عليه . وهناك نظام  
أفضل بكثير كان يتلخص فى جعل التيار الذى أثار المغنطيس الكهربى  
يمر خلال الزنبرك نفسه ( شكل ٣٢ ) وأنه بمجرد جذب قطعة الحديد  
الصغيرة الى وضعها الأول بواسطة الزنبرك ، ويتكرر حدوث نفس  
الشيء عدة مرات ، ولذلك تستمر قطعة الحديد فى تحركها بسرعة ذهابا  
وايابا بصوت ذى رنين . ويمكن بذلك تمييز الاشارات الطويلة



( شكل ٣٢ )

مبدأ الزنان والجرس الكهربى . يدخل التيار عند أ ، ويمر خلال الزنبرك س الى نقطة  
الاتصال ج . ومن هناك يمر خلال الملفات الكهرومغناطيسية م الى النهاية ب . وتحدث  
حركة الزنبرك السريعة ضد نقطة الاتصال زينا . وبالصاق مطرقة بالزنبرك يمكن جعله  
يعطى رنيننا متواصلا للجرس .



والقصيرة بطول رنينها . وكان هذا بالطبع أبسط بكثير من الانصافات الى فترات توقف طويلة أو قصيرة ، وأكثر ضمانا بكثير من ملاحظة اشارات صادرة عن تذبذبات ابرة غير منتظمة يمينا وشمالا . ومن ذلك الوقت فصاعدا أصبح المغنطيس الكهربى جزءا أساسيا فى جميع أجهزة التلغرافات .

وحينما أنشئت مركبات الترام الكهربائية أصبح من المحقق ضرورة ايجاد فرملة قوية لاييقاف الترام ، اذ لم يكن قطع سريان التيار الكهربائى كافيا . وقد وجد المغنطيس الكهربى فى هذه الحالة أيضا مجالا للاستخدام . ويتكون جسم الفرملة الكهربائية العادية من حديد بداخله لفة من سلك يمكن ان تحمل تيارا ، وبذلك تمغنط الحديد . وحينما لا يكون التيار ساريا ، فان الفرامل تكون بعيدة تماما عن القضبان الحديدية التى يسير الترام عليها . وعندما ينطلق التيار ليمغنط الفرملة بواسطة محول يتحكم فيه السائق ، فان الفرملة تتمغنط فى الحال بقوة وتلتصق بالقضبان .

وتستعمل أيضا أجهزة مغنطيس كهربى كبيرة لدفع كتل من الحديد ، وذلك لأن إفتح وقفل التيار الممغنط أيسر بكثير من عملية الشحن والتفريغ . وهناك تطبيق آخر مألوف جدا للكهرومغنطيسية الا وهو الجرس الكهربائى ، الذى يشبه الزنانه . ويتضح عمله لى انسان يتكبد مشقة النظر الى جرس منزله .

### ٣ - أول قانون خاص بالتيار الكهربى

كان رجال العلم فى السنين التى أعقبت التعرف على التيار الكهربى مباشرة جد مفتبطين باكتشافهم التأثيرات الجديدة وابتكارهم أجهزة جديدة . وبصرف النظر عن ملاحظة الباحثين الأول أن هناك بعض مواد توصل التيارات الكهربائية، والبعض الآخر لا يوصلها وهى المواد المعروفة باسم المواد العازلة ، الا أنهم لم يدركوا الاحوال التى يستطيع التيار أن ينساب فيها الا قليلا .

ويرجع الفضل فى بعض التجارب الهامة الخاصة بالقسدة على التوصيل الى دافى . كانت طريقته قائمة على أن الماء لا يمكن تحليله بواسطة تيار كهربى فى كل الظروف ، اذ أحيانا ما يكون التيار ضعيفا بدرجة لا يستطيع معها احداث أى تغير على الاطلاق .

وصل دافى نهايات عمود إقولتى بمسلكين موصلين للكهرباء، أحدهما ماء موضوع فى اناء ملاءم ، والثانى عبارة عن سلك معدنى . وكان



يعدل من طول هذا السلك الى أن انتهى تحليل الماء تماما . ثم كرر التجربة مستعملا أسلاكاً مختلفة من مواد مختلفة ذات قطاعات مستعرضة ، ولكن مع احتفاظه بنفس اناء الماء بصفته المسلك الموصل الآخر . وبمقارنته النتائج التي وصل اليها وجد أن قوة التوصيل لسلك متجانس من أى مادة معينة يتناسب ( أ ) طرديا مع مساحة القطع المستعرض (ب) وعكسيا مع الطول .

ومن سوء الطالع لم يسر دافى بهذه الأبحاث شوطا بعيدا بدرجة كافية ، ولكنه دنا دنوا كبيرا من مفهوم المقاومة والقوة الكهربائية الدافعة اللذين أعلنهما للعالم عالم فيزياء ألماني يدعى جورج سيمون أوم ( ١٧٨٧ - ١٨٥٤ ) بعد ذلك بسنين قليلة . ويرجع الفضل في أول ناموس عام ، أو قانون خاص بالتيارات الكهربائية لأوم . ومن الغريب حقا أنه على الرغم من قيام أوم بتجارب عدة ، إلا أن القانون المقترن باسمه كان نتيجة لاعتبارات نظرية محضة .

وبدأ أوم بمقارنة انسياب الكهرباء بانسياب الحرارة في قضيب . واستنتج أن التيار المناسب في موصل طويل يتوقف حتما على ( أ ) قوة توصيل المادة المختصة ( ب ) القطاع المستعرض للموصل ( ج ) ويتناسب عكسيا مع طول الموصل ( د ) وطرديا مع شدة التيار المتولد من البطارية . وهذه الشدة هي ما نسميها الآن القوة الدافعة الكهربائية . والصيغة التي تعبر عادة عن نتيجة أوم هي أن التيار يتناسب طرديا مع القوة الدافعة الكهربائية ، وعكسيا مع مقاومة الموصل . أو نستطيع أن نقول أيضا أن نسبة القوة الدافعة الكهربائية الى شدة التيار المناسب هو مقدار ثابت نطلق عليه اسم مقاومة الموصل . وتستعمل هذه النتيجة باستمرار في العمل ، وفي ورشة المهندس الكهربى .

وبعد حوالى ثلاثين عاما من موت أوم مجد مؤتمر دولى هام للوحدات الكهربائية ذكره بتسمية الوحدة العملية للمقاومة باسم الأوم . وسميت الوحدة العملية للقوة الدافعة الكهربائية الفولت على اسم فولتا ، ووحدة التيار أمبير على اسم الفيزيائى الفرنسى أمبير ، ووحدة الفولت الوات على اسم المهندس العظيم جيمس وات . والقوة الكهربائية للوات عبارة عن معدل الشغل الذى يحدثه تيار شدته أمبير واحد تحت تأثير قوة دفع كهربية مقدارها فولت واحد . وعلى ذلك فإن أسماء هؤلاء الرواد مألوفة لجميع الكهربائيين العاملين الذين يتحدثون عن الأمبيرات والأمبيرية، ولربة البيت التى تتباحث فى مقدار الفولتات اللازمة لمكنستها الكهربائية والتى تدفع ثمن القوة الكهربائية التى تستهلكها بالكيلوات ساعة .

وسرعان ما أعلن اكتشاف أورستيد حتى وجدت علاقة غير متوقعة بين الكهرباء والحرارة بواسطة توماس جوهان سيبيك ( ١٧٧٠ - ١٨٣١ )



من برلين . كون سيبيك دائرة من معدنين مختلفين النحاس والبرصوت ملتحمين سويا . ولاحظ أن تيارا كان يسرى خلال الدائرة طالما ظلت نقط الاتصال فى درجات حرارة مختلفة . وقد استولت عليه الدهشة اذ وجد الكهرباء تتولد هكذا لا بالدلك ، ولا من بطارية كيمائية ، بل بمجرد اختلاف فى درجات الحرارة عند نقطة اتصال دائرته . وبقيت هذه النتيجة مدة طويلة مجال بحث ، ولكنها استخدمت مع ذلك فى صناعة جهاز مفيد . ان التأثير يكون بسيطا جدا باستعمال زوج واحد من المعادن ، ولكن فى الامكان مضاعفة التيار باستعمال عدد كبير من الأزواج . وفى الجهاز الذى نعرفه اليوم باسم الثيرموويل (١) المستعمل ككاشف دقيق للاشعاع يستخدم عدد كبير من أزواج المعادن منسقة تنسيقا ملائما .

#### ٤ - اكتشاف الحث الكهرومغناطيسى

بينما كان اوم يجرى تجاربه فى ألمانيا ، وأمير يجرى تجاربه فى فرنسا ، كان أحد مساعدى دافى فى انجلترا ميخائيل فاراداي ( ١٧٩١ - ١٨٦٧ ) يقوم ببحث موضوع الكهرومغناطيسية . وقد أدت أبحاثه الى اكتشاف من أهم الاكتشافات ذات الأثر البعيد المدى فى تاريخ العلم ، وذلك هو الحث الكهرومغناطيسى .

نشأ فاراداي من أبوين فقيرين ، ولم يحصل الا على القليل جدا من التعليم المدرسى ، وعمل سنينا صبيا فى ورشة تجليد كتب . ولقد اعتاد أن يقرأ أى كتب علمية تصل الى يده ، وأنفق مصروفه فى شراء مواد لعمل الأجهزة التى يقوم بصنعها فى المنزل . وذات مرة حضر المحاضرات التى كان همفرى دافى يلقيها فى المعهد الملكى فى شارع البيمارل ، وكان دافى فى ذلك الوقت فى أوج شهرته وكان عليه القوم كلهم فى لندن يهرعون ليسمعوه . لقد أذكت المحاضرات الحماس الصبيانى لفاراداي الصغير ، وتاق للحصول على عمل ما فى مجال العلم . وفى النهاية حينما انتهى عمله كصبي فى محل تجليد الكتب ، وبدأ يعمل فى حرفته وجد الحياة كريهة بدرجة أنه قرر الحصول على وظيفة ما مهما كانت متواضعة ، فى خدمة العلم . ولذلك اتخذ الخطوة البسيطة الجريئة ألا وهى الكتابة المباشرة لدافى . وفى نفس الوقت ضمن رسالته مذكرات دقيقة عن محاضرات دافى . لقد أحدثت نعمة خطابه

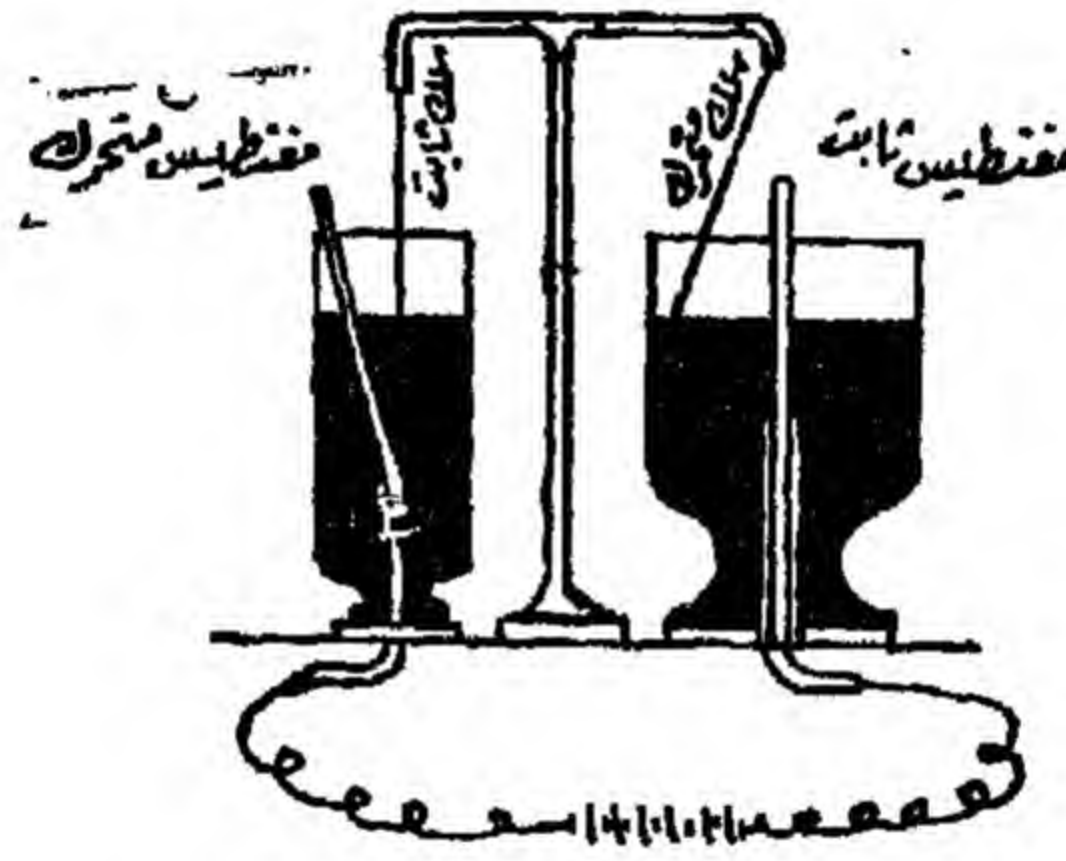
---

(١) أو مقياس التشعع - ( المترجم )



المخلصة ومذكراته الدقيقة الواضحة تأثيراً حسناً في دافى ، ونتج عن هذا أن أصبح فاراداي محضراً في معمل في المعهد الملكي .

وبعد أن قضى فاراداي سنين يتعلم الأشغال اليدوية والقياس ببعض الأبحاث الصغيرة سمع عن اكتشاف الكهرومغناطيسية الجديدة . كرر تجربة أورستيد ، وأدرك أنه لا بد من وجود قوة مغناطيسية تعمل حول السلك ، واعتقد أنه لو أمكننا جعل قطب مغناطيسي يدور حول تيار ، اذن فلا بد أن يدور سلك حامل للتيار حول قطب مغناطيسي . لقد تخيل التجربة في ذهنه ، ورأى أن المسألة ما هي الا مسألة ترتيب للتفاصيل فقط بحيث أنه لا بد أن يكون المغناطيس حراً في حركته في الحالة الأولى ، ويكون السلك الحامل للتيار حراً في حركته في الحالة الثانية . وبعد ذلك أعد أجهزة يمكن بواسطتها الحصول على هذه الدورات المتوافقة .



( شكل ٣٣ )

جهاز دال به فاراداي على الدورات  
الكهرومغناطيسية

وكانت تتكون دائرته من انائين يحتويان زئبقاً ، ثم وضعت أسلاك موصلة مناسبة بحيث أصبح في أحد الإناءين مغناطيس ثابت وسلك حر الحركة ، وفي الثاني سلك ثابت ومغناطيس متحرك ( شكل ٣٣ ) . انتقل التيار من السلك خلال الزئبق الموجود في الكأس الأيسر إلى دبوس نحاسي متصل إلى قاعدة الإناء . وكان المغناطيس في هذا الكأس مثبتاً بالدبوس النحاسي بخيوط . وكان المغناطيس الثابت في الإناء الأيمن موضوعاً في جراب في قاعدة الإناء ، وكان السلك ( ب ) في مكانه أن يتحرك بحرية وهو منغمس في الزئبق بواسطة وصلة تتحرك في جراب كروي في ( ج ) . وبمجرد تمام الدائرة ابتداء المغناطيس في الإناء الأول والسلك في الإناء الثاني يتحركان ، واستمرا كذلك طول مرور التيار .



وحصل فاراداي كذلك على دورات ميكانيكية بواسطة تيار كهربى .  
وكان جهازه البشير الاول للموتور الكهربى الذى يمكن بواسطته جعل  
تيار كهربى يحدث دورات تستعمل لادارة الآلات ، وتحريك مركبات  
الترام والقطارات . وحدث تلاؤم اكتشافات فاراداي مع الحياة العملية  
بعد اجراء تجاربه الأصلية بوقت طويل ولم يعط فاراداي نفسه أية فكرة  
عن التطبيقات الممكنة لعمله فى الميدان التجارى . لقد كان يكدر ويكدر  
من أجل العلم فحسب .

وقام فاراداي بتجاربه لاحداث طاقات دوران كهرومغناطيسية  
عام ١٨٢١ . وبعد ذلك بسنين أصبح زميلا فى الجمعية الملكية . وكان  
فى ذلك الحين مشغولا بأبحاثه فى الكلور . وقد انتخب زميلا لأنه كان  
متفقا بدرجة كبيرة فى العلوم الكيماوية . وفى سنة ١٨٢٥ صار مديرا  
لمعامل المعهد الملكى . ومن أوائل الأشياء التى قام بها تنظيم اجتماعات  
فى امسيات أيام الجمع يمكن للأعضاء وأصدقائهم حضورها لالقاء  
المحاضرات والاشتراك فى المناقشات . وسرعان ما أصبحت هذه  
الاجتماعات اجتماعات محببة للناس ، اذ كان فاراداي محاضرا خلايا  
وقادرا على أن يبيت فى مستمعيه بعضا من حماسه . وكان فى ذلك  
الوقت مشغولا بعمل كثير ، وذلك لأنه بالإضافة الى واجباته العادية فى  
المعهد كان مشغولا بتجارب عن استعمال أنواع مختلفة من الزجاج  
للأغراض البصرية . ولكن الظاهر من مذكراته ورسائله أن رغبته الكبرى  
كانت الرجوع الى عمله فى الكهرومغناطيسية . وكان يعتقد اعتقادا  
جازما أنه بما أن تيارا يحدث تأثيرا مغناطيسيا ، فمن الممكن لذلك أن  
نجعل المغناطيسية بطريقة ما تنتج تيارا . وكانت هذه هى الفكرة التى  
هدته الى عمله العظيم الذى انتهى اليه .

وتضرب لنا أبحاث فاراداي مثلا ممتازا للطريقة العلمية . وبدأ  
فاراداي بالامام الماما تاما بما فى ميدان العلم كله عن الظواهر الكهربائية  
والمغناطيسية الموجودة حينئذ . ونتيجة لذلك ازدادت معرفته بدرجة  
أن أصبح قادرا على تفسير ما يدور فى خلد الشخص غير المتعلم أنه مجرد  
شئ شاذ أو مجرد مصادفة . انه لم يسر فى عمله اطلاقا بطريقة خبط  
عشواء ، ولكنه كان يتطلع باستمرار الى شئ محدد . لقد نجح حيث  
فشل الناس الآخرون ، وذلك لأنه بصرف النظر عن همته التى لا تكل ،  
وعن رغبته فى الوصول الى الحقيقة كان يتمتع بفراصة وقوة خيال .  
ولذلك كان يرى أن هناك امكانيات ، فى الوقت الذى كان فيه الآخرون  
يتحسسون طريقهم وهم يتخبطون .

ولقد رأينا كيف كان من رأى فرانسيس بيكون وهو يكتب عن  
الكشف العلمى أن من الواجب علينا القيام بكل الدراسات الممكنة



وأجراء كل التجارب المستطاعة . وبعد ذلك نقوم باستقصاء شامل للعلاقات التي تربط الحقائق بعضها ببعض . وبهذه الطريقة نصل الى القانون العلمى . ولكن تاريخ العلم برينا أن الاكتشافات لم تتم طبقا لقواعد ويكون ، اذ عادة حينما يبدأ القائم بالتجارب عمله ، يبدأ خياله فى أن يلعب دوره . ولذلك فإنه يحدد عدد تجاربه طبقا للفروض التي يفترضها . وليست هذه الفروض تخمينات لا ضابط لها ، بل حلقات فى سلسلة استدلالية ترتبط بعضها ببعض بخيال جامع ولكنه خيال منظم .

ولم يتوقف فاراداي حينما نجح فى جعل مغنطيس يدور حول تيار ، وتيار يدور حول مغنطيس . لقد شعر أن هذه النتائج ، وكذلك النتائج التي وصل اليها أورستيد ، وأمبير ، لا بد أن تكون راجعة الى عامل مشترك . ومن حسن الحظ أن فاراداي ترك لنا سجلا كاملا لأبحاثه (١) . ولأوصافه أهمية خاصة ، اذ أنها كتبت فى وقت قيامه بتجاربه . اننا نقف منها على ما إقشيل فيه ، وما صادف إقيه نجاحا .

وعلى ذلك نستطيع أن ندرك لحد ما كيف كان يعمل ، وكيف توصل الى نتائجه .

ويخبرنا فى أول سلسلة من أبحاثه أنه شرع يبحث فيما اذا كان فى الامكان نشأة الكهرباء من المغنطيسية ، وفيما اذا كان فى استطاعة تيار احداث تيار آخر فى موصل مجاور دون أن يتلامسا ، بالضبط كما كان معروفا من قبل من أن الكهرباء الناتجة من الاحتكاك تحدث شحنة فى جسم آخر . لقد استغرقت محاولاته الأولى عدة سنين ، ولكنها لم تؤد الى نتائج ايجابية . ومع ذلك ففى ٢٩ من أغسطس سنة ١٨٣١ صادف أول نجاح له وهو يوم مشهود فى تاريخ العلم .

أخذ فاراداي خاتم حديد سميك وربط حوله لفتين منفصلتين من السلك ، وكانت احدى اللفتين متصلة ببطارية فولتية ، والأخرى بجلفانومتر ( شكل ٣٤ ) . وعند اتمام الدائرة اكتشف تيارا قويا فى اللفة الأخرى . وبينت هذه النتائج سريان تيار عابر فى اللفة الثانية . وكان هذا هو نفس الشيء الذى كان يبحث عنه . وحقق هذه النتيجة عدة مرات ، وحينئذ بدأ يعمل ليغير التفاصيل .

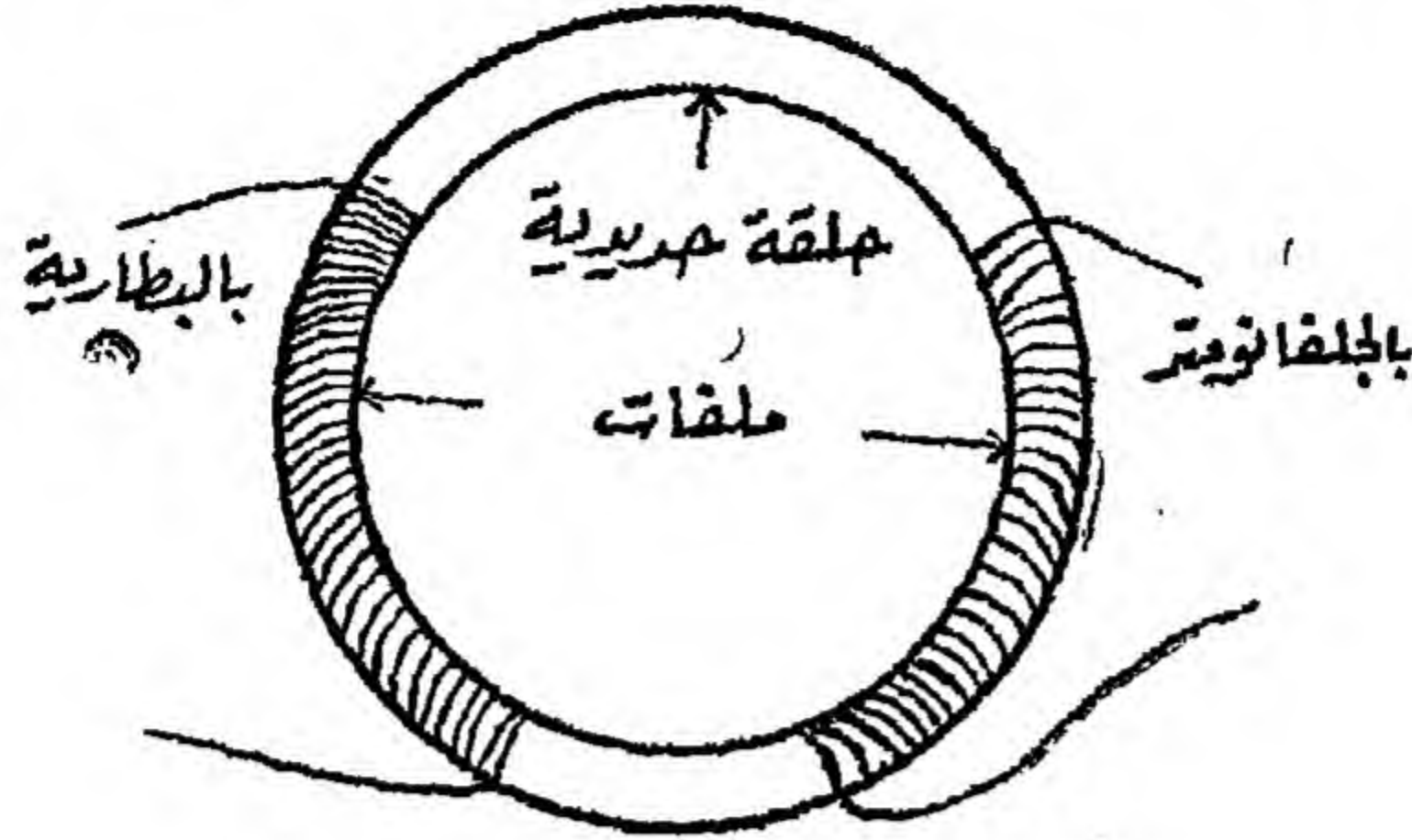
واستعمل أحد الأيام لفة أسطوانية طويلة من السلك فوجد أن تيارا تأثيريا حدث حينما دفع بمغنطيس الى اللفة ، وأيضا حينما جذبته

---

( ١ ) كتاب أبحاث تجريبية فى الكهرباء فى ثلاثة مجلدات ( لندن ١٨٣٩ )



الى الخارج مرة ثانية . وكانت هذه التيارات التأثيرية تسير فى اتجاهات مضادة ، ولم يكن هناك تيار تأثيرى اطلاقا حينما كان المغنطيس ساكنا .



« شغل ٤٧ »  
تجربة فاراداي التى بين بها التيارات الحثة  
او التأثيرية

وفى مناسبة أخرى حينما عاد فاراداي الى تجربته تلك استغنى عن المغنطيس كلية ، وكون لفاته بلفها حول كتلة خشبية فحسب . ثم وصل احدى هاتين اللفتين بجلفانومتر بعيد والأخرى ببطارية . وقد لاحظ رعدة بسيطة فى أبرة الجلفانومتر عند سريان التيار فى اللفة الأخرى ، أو عند قطعه . ولاحظ أن الأبرة تتحرك فى اتجاهين متضادين عند حدوث التيار الرئيسى أو عند انقطاعه ، مبينة بذلك حدوث تيارات تأثيرية عابرة فى اتجاهات متضادة .

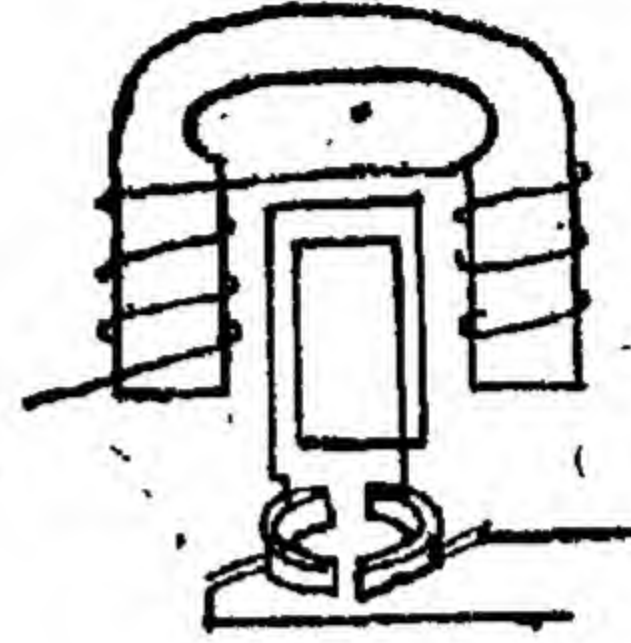
وفى مرة أخرى ، بدلا من تحريك مغنطيس خلال لفة سلك ، عمل فاراداي ترتيبه على أن يدور موصل على شكل قرص نحاسى بين قطبي مغنطيس قوى . ووجد أن تيارا تأثيريا قد حدث عند دوران القرص . وأخذ فى مناسبة أخرى سلكا نحاسيا متصلا بجلفانومتر ، وحركه بسرعة بين قطبي المغنطيس ، فلاحظ أيضا تيارا تأثيريا أثناء الحركة .

ويمكن تلخيص النتائج التى وصل اليها بأن التيارات التأثيرية تحدث طالما حدث تغير فى الأحوال المغنطيسية . وكان يحدث هذا التغير فى بعض الحالات بتحريك مغنطيس بالفعل . وفى بعض الحالات الأخرى حينما كان لا يوجد مغنطيس كان السريان الفجائى أو الإيقاف الفجائى لتيار فى لفة ما فى شأنه تغير الأحوال المغنطيسية . ووجهت الجهود التى بذلت بعد ذلك لانتاج تيارات تأثيرية أكبر مدى بجعل معدل هذا التغير كبيرا بدرجة كافية .



## ٥ - إنتاج الكهرباء على نطاق واسع

كان قرص فاراداي النحاسي الدائر بين قطبي مغنطيس كهربى أول آلة كهرومغناطيسية ، وهى التى يطلق عليها غالبا اسم مولد أو دينامو ( شكل ٣٥ ) .



( شكل ٣٥ )

أبسط أنواع الدينامو أو الجزء المكمل له ،  
الموتور

والدينامو الحديث ذو تصميم معقد ، ولكنه يتكون أساسا من موصل مناسب مكون من عدة لفات يتحرك بين قطبي مغنطيس قوى .

والموتور الكهربى هو الجزء المكمل للدينامو . ولم يتبين فاراداي أهميته فى الدورات المغناطيسية التى لاحظها فى بدء حياته العملية . ويمر فى الموتور تيار من الخارج الى موصل مناسب قائم بين قطبي مغنطيس قوى . وبهذا يدور الموصل ، ويمكن استخدام حركته فى ادارة الآلات أو تحريك مركبات الترام أو القطارات . ومن الغرابة بمكان أن الموتور وصل الى حالة طيبة من التطور بينما ظل الدينامو وقتها ظويلا مجرد لعبة علمية . ففى عام ١٨٣٩ استخدم موتور كهربى فى تحريك قارب بسرعة  $2\frac{1}{2}$  ميل فى الساعة . ولا عجب ان لم تكن هناك فى تلك الايام قوانين لتنظيم حدود السرعة . وكانت الموتورات الاولى تستمد تيارها من بطاريات فولتية . ومع ذلك فكانت الموتورات القوية تستلزم مصدرا اقوى للتيارات ، ولم يكن هذا ميسورا حتى تحسن الدينامو .

وفى اثناء مناقشة دارت فى معهد المهندسين المدنيين سنة ١٨٥٧ حسببت تكاليف ادارة موتور كهربى من خلايا فولتية . لقد وصلت تكاليف الزنك المستعمل فى الخلايا الى درجة ان اصبحت تكاليف القوى الكهربائية فى ذلك الوقت ضعيف تكاليف القوى البخارية ستين مرة . وبتج عن ذلك أن اعطى كل السادة البارزين اصواتهم ضد القوة الكهربائية . ولم يتحسبن الدينامو بدرجة كافية لجعل القوة الكهربائية شيئا عمليا حتى سنة ١٨٧٠ . ومع ذلك فقد أصبح إنتاج الكهرباء على نطاق واسع من ذلك الوقت فصاعدا أرخص بكثير حتى دخلت الكهرباء المستخدمة فى أغراض الانارة والتدفئة المنزلية ، وتحريك مركبات الترام والقطارات مجال التطور التجارى .



والاستعمالات الأخرى لاكتشاف فاراداي العظيم في حياتنا اليومية عديدة جدا بدرجة أننا لا نستطيع إلا أن نعطي مجرد احصاء لبعض منها . فمثلا الملف التائري الذي يمكننا من الحصول على قوة دافعة كهربية عالية جدا من تيار مستمر من عدد قليل من الخلايا الفولتية ما هو إلا تعديل للملفى فاراداي الملفوفين حول قضيب حديدي . ويتكون الملف الداخلى أو الابتدائى فى الملف التائري من ليات قليلة من سلك سميك ، ويتكون الملف الداخلى أو الثانوى من آلاف الليات من سلك دقيق جدا مكسو بطبقة عازلة بطريقة متقنة . ويحدث التيار فى الملف الابتدائى وينقطع بشكل مستمر بواسطة جهاز بسيط مشابه للجهاز المستعمل فى الجرس الكهربى المألوف لنا . وتحدث التيارات المتغيرة بسرعة فى الملف الابتدائى قوة دافعة كهربية عالية فى الملف الثانوى .

وغالبا ما تكون ملفات التأثير مطلوبة فى الأبحاث الفيزيائية . وحيث انها ضرورية لانتاج الأشعة السينية ، فانها توجد فى جميع المستشفيات الحديثة . ويستخدم الملف التائري فى تحويل قوة دافعة كهربية منخفضة الى قوة عالية . ولكن من الممكن استخدام جهاز مماثل مكون من لفتين حول قضيب حديدي عادى لتحويل قوة كهربية عالية الى قوة منخفضة وعلى ذلك فان القوة الفولتية العالية الناتجة من محطة توليد الكهرباء لابد من تحويلها الى قوة أقل لانارة المنازل والشوارع . ويدعى الجهاز الذى يتم عن طريقه هذا التحويل بالمحول ، ويغير التيار التائري فى موصل دينامو اتجاهه فى كل دورة ، معطيا بذلك ما نسميه بالتيار المتناوب أو المتقطع . واذا وجه مثل هذا التيار الى ملف واحد لمحول ، فان تناوباته تحدث قوى كهربية دافعة متغيرة فى الملف الآخر ، ولذلك فلا تكون هناك حاجة لجهاز واصل فاصل ، كما هى الحال فى الملف التائري . ومبدأ المحول مطبق فى كثير من انواع الدوائر المستعملة فى الارسال والاستقبال اللاسلكى .

وكذلك فان المقناط المستعمل فى كثير من الموتوسيكلات والسيارات لاجداث شرارة خلال مزيج الغازات التى يحتاجها المحرك ما هو الا نوع من الملفات التائرية الدوارة . وبدلا من أن يستمد التيار من بطارية ، فانه ينتج عن دوران الملفين المزدوجين بين قطبى مغنطيس قوى . وتنتج قوة كهربية دافعة تكفى لاجداث شرارة بواسطة استمرار وصل وقطع التيار فى ملف واحد بواسطة كامرة (١) تدفع بطرفين متصلين الى الانفصال ثم يلتصمان ثانية بواسطة زنبرك . والتليفون تطبيق آخر لمبدأ التيارات



التأثيرية . ويتكون فى أبسط صورة من مغنطيس على شكل حدوة فرس بملفات من سلك مكسوة بمادة عازلة حول الأقطاب ( شكل ٣٦ ) .



( شكل ٣٦ )  
أبسط أنواع التليفونات المرسل أو المستقبل

وتوجد رقيقة مرنة من الحديد داخل السماعة . وعندما يتحدث الانسان فى السماعة يحدث الصوت ذبذبات فى الهواء تحرك رقيقة الحديد . وبما أن الحديد ممغنط فان تحركات رقيقة الحديد تحدث تيارات تأثيرية فى الملفات وتنتقل هذه التيارات التأثيرية من الملفات الى الأسلاك المؤدية الى جهاز الاستقبال الذى قد يبعد أميالا . ومع ذلك فهذه التيارات العابرة التى تصل جهاز الاستقبال تحدث تحركات فى طبلة رقيقة تحدث ذبذبات فى الهواء تسمع كصوت . وهناك انواع عديدة من الأجهزة لتحويل الطاقة الصوتية الى طاقة كهربية والعكس بالعكس . ويتركب نوع شائع من الميكروفون مستعمل كجهاز إرسال تليفونى من حبيبات كربون بين كتلتين من الكربون . وينساب تيار من بطارية بين الحبيبات ، ويسبب أى ضغط صوتى على الطبلة تغيرا فى مقاومة الحبيبات وذبذبات تيارية متماثلة . ويجب فى جميع حالات ارسال الحديث ، والموسيقى عن طريق الاسلكى تصميم أجهزة تحول الصوت ، كما هو حادث الآن فعلا ، الى تيارات ، وبعد ذلك تتحول التيارات فى الطرف المستقبل الى صوت .

## ٦ - الابراق البعيد المدى

كان على الانسان فى الأيام الأولى لارسال الرسائل عن طريق التلغراف أن يراقب عند محطة الاستقبال تأرجحات أبرة ذات البمين وذات الشمال ، أو ينصت الى زنات ، ثم يسجل الرسالة طبقا لنظام اشارات وضع من قبل . ولكن المراقب المسكين لم يكن فى استطاعته ان يجلس ليل نهار منتظرا رسالته . ولذلك كان من الضرورى قبل



ان يصبح التلغراف اداة فعالة لارسال الرسائل فى اعمال الحياة العادية  
ايجاد وسيلة لتسجيل تلك الرسائل تلقائيا .

وانشئ اول تلغراف مسجل عملى بواسطة مورس احد اهالى أمريكا  
( ١٧٩١ - ١٨٧٢ ) ، واسمه معروف فى العالم كله بسبب نظام اشاراته  
المكون من نقط وشرط . اخترع مورس آتته بعد أن زار أوروبا عام ١٨٣٢  
والم باكتشاف فاراداي للحث الكهرومغناطيسى . ثم ابتكر جهازا تثير فيه  
التيارات التأثيرية مغناطيسا كهربيا فى الطرف المستقبل . لقد كان أمرا  
هينا جعل المغناطيس الكهربى يجذب قطعة حديد ملتصق بها قلم رصاص  
وبذلك بدون علامات على قصاصة ورق تسحب بآلة تشبه الساعة .  
وعلى ذلك كانت تسجل الرسائل تلقائيا .

وبمثل هذه الوسائل أصبح الابراق أمرا عمليا جدا عبر مسافات  
قصيرة . ومع ذلك فحينما جرب فوق مساحات أطول وجد أن التيارات  
أصبحت ضعيفة بحيث لا تؤثر فى جهاز الاستقبال . لذلك ابتكر مورس  
جهازا سماه المجدد ، وهو جهاز تتلقى به التيارات القادمة دفعا اضافيا  
ويتتج عن هذا ارسالها اشارات قوية الى كبل ثان . ويقوم مبدا مجدّد  
مورس على حركة ملف من سلك حاملا تيارا وهو بالقرب من مغناطيس ،  
وبذلك يرجع فى اصله الى الدورات الكهرومغناطيسية التى اكتشفها  
فاراداي لأول مرة . وتحدث تحركات الملف فى المجدد اتصالات كهربية  
مستمدة بذلك تيارا من بطارية موضعية مماثلة تماما للتيارات الضعيفة  
القادمة . وبهذه الطريقة يمكن ارسال الاشارات عبر مساحات شاسعة  
بواسطة سلسلة من المجددات .

وحينما نجح الابراق البرى بهذه الطريقة كان من الطبيعى أن يرغب  
المهندسون فى وضع كبلات تحت البحر . وكانت هناك بالفعل خطوط  
قصيرة عاملة بين انجلترا وفرنسا وهولاندا وايرلنده فى السنين الوسطى  
للقرون التاسع عشر .

ومع ذلك فان المشكلة الأعظم بكثير الا وهى مشكلة ربط أوروبا وأمريكا  
برزت عنها مشاكل خاصة بعيدة كل البعد عن عملية وضع كبلات طويلة  
واتخاذ احتياطات ضد التآكل الذى يتسبب فيه ماء البحر والخطر الناشئ  
عن تسرب التيار بسبب العزل الرديء .

وقد أدت أبحاث وليم طومسون ( ١٨٤٢ - ١٩٠٧ ) ، الذى صبار  
اللورد كلفن فيما بعد ، فى الحالات الكهربائية لكبل مكسو بمادة عازلة  
الى حل عملى لهذه الصعوبات . وفى النهاية تم بنجاح وضع كبل المحيط  
الأطلسي ، وتم ربط أحد نصفي العالم بالآخر .



ولكان الابرار المحيطى يحتساج الى نوع من أجهزة تحويل الموجات التيارية الى موجات صوتية ، وأجهزة تسجيل أكثر دقة . وهنا أيضا هرع اللورد كلفن الى مساعدة المهندسين بابتكار جهاز سماه جهاز التسجيل السيفونى الذى يقوم على مبدأ تحريك ملف حامل تيارا ضئيلا فى مجال مغنطى قوى . وعندما تقدم الابرار والارسال التليفونى أصبح من المحتم استعمال كبلات أكثر فاعلية محمية بسلك صلب مغلف بقنب . وعلاوة على ذلك أصبح من الضرورى استعمال مكبرات ، وهى أجهزة لزيادة التيارات الضعيفة المناسبة خلال الكبل - معوضة بذلك ما تفقده التيارات فى سيرها خلال الخط . ومثل هذه المكبرات التى تستعمل غالبا فى الدوائر الكهربائية التليفونية تسمى المرددات ، وتتكون من صمامات ثرمونية ذات تصميم خاص (١) .

## ٧ - مراحل اللاسلكى الأولى

كان الابرار البرى والمحيطى نتيجة لمبادئ اكتشفت فى المعمل وطبقت على الحاجات العملية . ومن جهة أخرى بدأ الابرار اللاسلكى نظريا دون أن يخرج الى الحيز العملى فى وقت لم يحلم فيه بشر حتى فى أشد لحظاته تحليقا فى الخيال بارسال اشارات دون الاستعانة بأسلاك . وترجع أسس الابرار اللاسلكى فى الحقيقة الى ما قام به فاراداي من أعمال .

وكان فاراداي يحاول دائما تخيل ما يحدث حينما يدور سلك حاملا تيارا حول مغنطيس ، أو حينما يحرك تيار مغنطيسا . لقد تصور المنطقة التى تجاور مغنطيسا أو تيارا - منطقة نشير اليها اختصارا بالمجال المغنطيسى - ممثلة بخطوط قوة . وبافتراضه أن لخطوط القوة هذه ميل للقصر مثل قطع المطاط الممتدة ومقاومة بعضها بعضا ، استطاع فاراداي أن يقدم لنا تفسير لاكتشاف أورستد الجوهري ألا وهو الكهرومغنطيسية وللنتائج التى وصل اليها فى الحث التيارى وأيضا لما وصل اليه أمبير فى التأثير المتبادل لتيارين . وشرح هذه النتائج كلها مرجعا اياها لا الى المغنطيسيات والأسلاك بل الى المنطقة ، أو الوسط المحيط بها .

وقد ترك فاراداي فى كتابه الأبحاث التجريبية سردا كاملا للطريقة التى كان يعمل بها وللطريقة التى كان يتبعها فى استقراء نتائجها . وكانت كتاباته هذه هى التى أوحى لكلاارك ماكسويل ( ١٨٣١ - ١٨٧٩ ) بما

( ١ ) الثرميون دقيقة مشحونة بالكهرباء ، والثرميونات اما سلبية أو ايجابية ،  
( المترجم )



بذله من مجهودات ، ذلك الرجل الذى صاغ أفكار فاراداي فى تعبيرات رياضية .

لقد وجد فاراداي أنه حينما تكتمل دائرة كهربية فان التيار لا يصل فورا الى منتهى قوته ، وانه حينما ينقطع فانه لا يتوقف فجأة . وبمعنى آخر فان التيار مثله فى ذلك كمثل أى جسم مادي يتطلب دفعا شديدا لجعله يتحرك ، ولكن بمجرد سريانه فليس فى الامكان توقفه فورا . وقد فسر ماكسويل هذه النتائج بقوله ان طاقة التيار تستنفذ جزئيا فى ايجاد المجال المغنطيسى ، وان الطاقة المتغيرة لهذا المجال تحدث التيار البسيط الذى يستمر عند انقطاع الدائرة . حينئذ وضع ماكسويل هذه الأفكار فى صيغة رياضية معالجا خواص المجال الكهرومغنطيسى طبقا للمبادئ العادية للديناميكا .

وبهذه الطريقة استنتج نظريا تأثير التذبذبات فى شدة التيار ، والتغيرات الناتجة فى شدة المجال المغنطيسى . وقد وجد أن التغيرات فى الشدة التى تتلو بعضها بعضا فى فترات محددة ، أو التغيرات الدورية كما تسمى ، تنساب على بعد كبير وراء المنطقة التى بدأت التغيرات فيها . وقد وجد بالفعل أن الاضطراب الكهربى الدورى الذى ينشئ بدوره اضطرابا مغنطيا دوريا يسير بسرعة الضوء . وبما أن النظرية الموجية للضوء كانت تتطلب وسطا من نوع ما يمكن ارسال الموجات بواسطته ، فقد بدا من المعقول أن يفترض أن نفس الوسط يستخدم لكل من موجات الضوء والموجات الكهرومغنطيسية . والحقيقة أن الضوء ذاته كهرومغنطيسى فى صفته .

وكان كل شئ حتى ذلك الوقت نظريا . ومع ذلك فبعد موت ماكسويل بعشر سنوات ولدت الموجات الكهرومغنطيسية فعلا فى المعمل ، وقدرت سرعتها ، ووجد أن تنبؤات نظرية ماكسويل تتفق مع نتائج التجربة . وهذا من أعظم الانتصارات المبينة للرياضيات التى شهدها العالم .

ويرجع الفضل فى أول اثبات ناجح لموجات ماكسويل الى عالم فيزياء ألماني يدعى هينريخ هيرتز ( ١٨٥٧ - ١٩٠٤ ) . لقد نجح هيرتز سنة ١٨٨٨ بعد محاولات عدة فى أول الأمر فى الكشف عن الاشعاع الكهرومغنطيسى المنبعث عن ملف تأثيرى ينبعث الشرر منه . استعمل صحائف معدنية ملتصقة بقضبان فى نهاياتها كرتان معدنيتان . وحينما كان الملف التأثيرى يعمل باختلاف كاف فى الجهد ، أخذ الشرر يتناثر بين الكرات المعدنية ، وحدث تفريغ تذبذبى بين الصفائح . وللكشف عن التموجات



الكهرو مغنطيسية التي نشأت هكذا استعمل هيرتز موصلاً دائرياً مزوداً بفرجة شرر . وقبل نهاية القرن كانت مثل تلك الارسلالات الشررية مستعملة بالفعل في نظام ارسال الاشارات . وقد أدت أبحاث أخرى عن الأجهزة الكاشفة وعلى الأخص أبحاث السير أوليفر لودج ( ١٨٥١ - ١٩٤٠ ) الى تطور الاشارات اللاسلكية بين السفن في البحر .

وسرعان ما انتشر الاهتمام بهذا فيما وراء صفوف رجال العلم الاختصاصيين . وكان هناك مهندس بعيد النظر يدعى مارشيز ماركوني ( ١٨٧٤ - ١٩٤٥ ) هو الذي أرسل أول اشارات لاسلكية عبر القنال الانجليزى . وكان المعتقد في ذلك الوقت أن الموجات الكهرو مغنطيسية، التي تسير ، كما تفعل عادة ، في خطوط مستقيمة ، ستنسب الى الفضاء ، وأنه بالنسبة لانحناء سطح الأرض ، فإن ارسال الاشارات البعيدة المدى كان أمراً مستحيلاً . وحاول ماركوني ارسال الاشارات عبر الأطلنطي ونجح . ولذلك بدأ أن موجات اللاسلكى لا بد أنها تنعكس مرتدة الى الأرض بكيفية ما . ولكن ما الذى كان فى استطاعته جعلها تنعكس ؟ لقد بقى هذا السؤال دون جواب حتى العقد الثالث من القرن العشرين ، حينما عالج سير ادوارد ابلتون المشكلة . وقد أظهرت نتائجه وجود طبقات من الأيونات فى طبقات الجو العليا تعمل كمرآة للموجات اللاسلكية ، وبذلك تجعل ارسال الاشارات حول الأرض ممكناً . وتكون هذه الطبقات ما نعرفه اليوم باسم الأيونوسفير .

واعتمدت أبحاث سير ادوارد ابلتون اعتماداً كبيراً على استعمال الصمام الثرميونى . وكان أول وأبسط نوع من هذا الصمام هو الصمام الذى اخترعه السير . ج أمبروز فليمنج ( ١٨٤٩ - ١٩٤٥ ) . وقد سجل فليمنج عام ١٩٠٤ جهازاً يشبه مصباح النور الكهربى بداخله شريحة معدنية وفتيلة متوهجة كذلك . ويحول مثل هذا الجهاز الذى أصبح يعرف بصمام التنقية سلسلة من التناوبات التيارية الى سلسلة من التيارات أحادية الاتجاه يمكن الكشف بسهولة عنها . ولذلك كان جهاز التنقية جهازاً لتحويل المتناوب الى تيار مستمر . وأدت تطورات أخرى الى صمام للتنقية من النوع المستعمل فى كثير من أجهزة الاستقبال والموصوف بايجاز فى الفصل الثالث عشر .

وقد أصبحت الآن اذاعة الأخبار والموسيقى ورقص الباليه والمباريات على شاشة التليفزيون مباحج الحياة التى تسر الجميع . وتتعاون الصناعة والأبحاث الجوهرية سوياً فى مجال الأكترونات . وأصبحت حيازة الأجهزة الكهربائية الموفرة للجهد احدى الطرق لمسايرة ركب المدنية . ومع ذلك فربما نكون فحسب فى بدء عصر الكهرباء . واذا سأل انسان : ما هى



الكهرباء ؟ فليس هناك اجابة شافية لسؤاله . لقد كانت الكهرباء توصف في القرن الثامن عشر بأنها سائل ، وأحيانا بأنها سائلين . وفي القرن التاسع عشر درس الناس القوى الموجودة في المنطقة أو المجال المحيط بالتيار . وفي السنين الأخيرة من القرن العشرين غيرت الاكتشافات الحديثة كل طرق تفكير الناس ، اذ كما سنرى في فصل قادم يفكر رجال العلم الآن في العناصر الكيماوية على انها مكونة من وحدات كهربية بسيطة . ولذلك فهم يفسرون المادة بمعايير كهربية على الرغم من أن الأمر كان العكس يوما ما . ولذلك صارت الكهرباء هي الملاذ الأخير للوصف العلمي . ولا يمكننا أن نوضحها في الوقت الحاضر بما هو أبسط من هذا .



## الفصل العاشر

# الطاقة والقوة

### ١ - قانون الطاقة

ان شركة صناعية جزيئة كانت قد وضعت فى ذهنها الطريقة التى يستعمل بها الناس غير الأمناء الأيونات الكهربائية فى غرف الفنادق . فسجلت عداد عملة كهربى اخترعته . ان كل شاغل حجرة يدفع الثمن بوضع عملة فى ثقب العداد . وهو يدفع هذا الثمن نظير ما تقوم به الكهرباء من خدمات ، وبمعنى آخر يدفع ثمن الطاقة الكهربائية فى الوقت الذى يستعمل فيه هذه الطاقة . ما الذى نعتيه بهذا التعبير ؟ .

ان الطاقة تتضمن عملا يؤدي . فالتيار الكهربى ، والشلال ، والقاطرة ، والسيارة التى تنهب الأرض ، تؤدي كلها عملا . ومقدار العمل الذى تستطيع هذه الأشياء أن تقوم به يدل على طاقتها . ونقول ان عملا يؤدي حينما يتحرك جسم تحت تأثير قوة . ويقيس المهندسون العمل بالوحدات البوندية (١) . ولذلك فاذا رفع جسم زنته عشرة أرطال قدمين فى الهواء ، فان العمل المؤدى  $= 10 \times 2$  ثقل بوند . وتقاس قوة الآلة بمعدل ما تقوم به من عمل . ووحدة القوة التى يستعملها المهندسون هى الوحدة التى اتخذها وات فى تقدير قوة آلاته البخارية . انها تسمى قوة حصان (٢) وهى تقدر بـ ٥٥٠ ثقل بوند فى الثانية .

وقد ادركت فكرة الطاقة بطريقة غامضة فى عصر جاليليو ، ولكن رجال العلم لم يكونوا حتى القرن التاسع عشر ينظرون الى الطاقة كشيء يمكن قياسه بالوحدات بالضبط كما نقيس الأشرطة بالياردات . وأخذت فكرة الطاقة من ذلك الوقت فصاعدا تلعب دورا هاما جدا فى تقدم الفيزياء .

( ١ ) المثلث البوندى . والبوند هو الرطل ( المترجم )

( ٢ ) تكفى لرفع ٣٣٠٠٠ رطل فى الهواء قدما واحدا فى الدقيقة ( المترجم )



ويمكن للأجسام المتحركة أن تؤدي عملاً . ويقال في هذه الحالة أن الطاقة حركية . ولكن العمل يمكن أن يؤدي أيضا بواسطة هواء مضغوط عندما يتعدد ، أو بزنبرك ملوى عندما يفك ، أو بماء في مستوى أكثر ارتفاعا من البيئة المحيطة به سمح له بالاندفاع الى مستوى أكثر انخفاضا . ويقال في هذه الحالات ان الطاقة هي طاقة الجهد . ونجد باستمرار أن الطاقة الحركية تتحول الى طاقة جهد والعكس بالعكس . فمثلا في سكك حديد الجبال والمرتفعات التي أشرنا اليها في الفصل الثالث تبدأ العربات بالتحرك أسفل منحدر ولذلك فهي تكتسب طاقة حركية كافية لترفعها فوق أول نتوء يصادفها ، نتوء لا يبلغ ارتفاعه ارتفاع النقطة التي بدأت منها . وتكون بهذا قد اكتسبت مرة ثانية طاقة جهد تجعلها تنحدر على المنحدر الثاني ، وهكذا دواليك . ولكن في النهاية لا تبلغ العربات ارتفاعا يساوي الارتفاع الذي بدأت منه . ولذلك يبدو أن بعضا من الطاقة قد اختفى . وقد أدى البحث عن هذه الطاقة المفقودة الى تقدم عظيم في التفكير العلمي .

وأول مفتاح لهذه المشكلة كان في الاحاطة بأن الطاقة تنشئ حركة . وهذا معروف لكل انسان . فنحن جميعا ندرك أيدينا سويا عند ما نحس ببرد . ويعرف المتوحشون كما يعرف الكشاف كيف يقدحون النار بالزناد . ويعلم أولئك الذين يمتطون الدراجات أن ماسورة المنفاخ تسخن حينما يقومون بنفخ اطارات دراجاتهم . ويعرف أولئك الذين يسلون أنفسهم باصابة الأهداف ببنادقهم أن مقذوفاتهم الرصاصية اللينة تصيب الهدف برشاش .

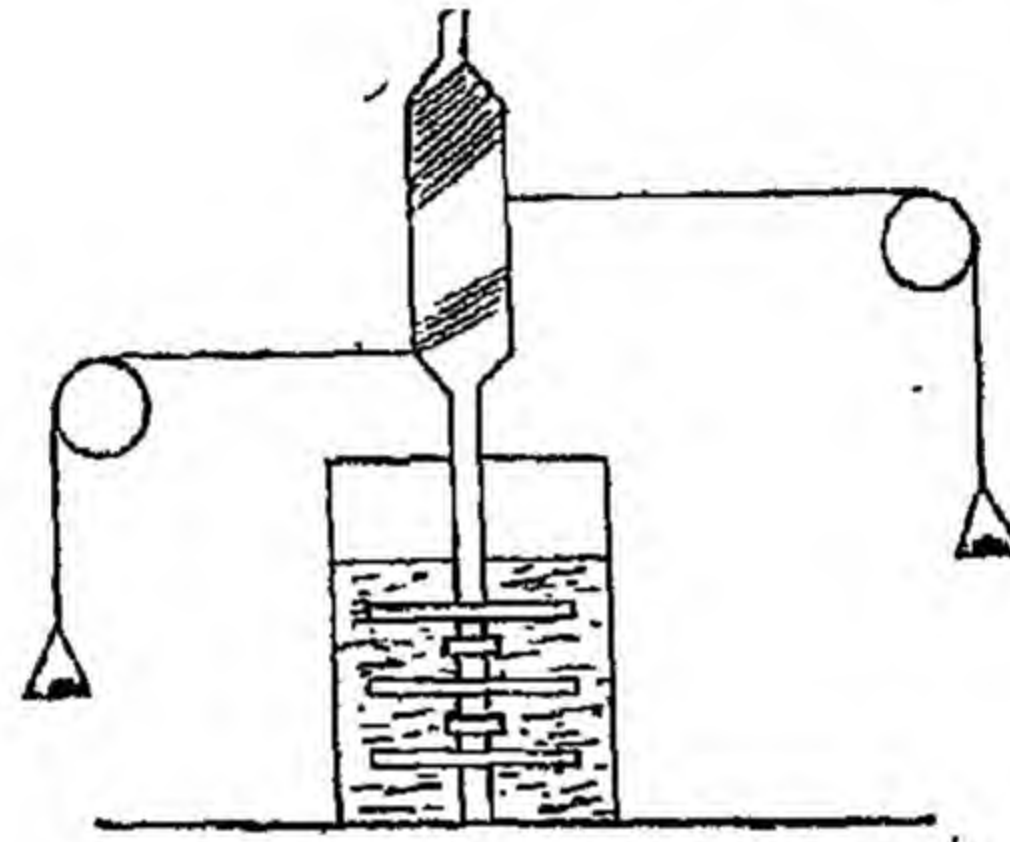
وقد أدركت الصلة الوثيقة بين الحرارة والطاقة في وقت يرجع الى أيام فرانسس بيكون وبويل اللذين اعتبرا الحرارة نفسها لا شيء سوى « اثاره نشطة لدقائق الجسم » ولو تمسك الناس فقط بهذه الفكرة لكانوا قد حلوا مشكلة الحرارة والطاقة سريعا . ولكنهم ساروا أثناء القرن الثامن عشر في طريق جانبي ، واعتقدوا أن الحرارة انما هي سيال يدعى السيل الحراري ، يتسبب عن اتحاده بالأجسام رفع درجة حرارتها . وأدى اعتقاد الناس في السيل الحراري الى تمييز واضح بين الحرارة ودرجة الحرارة (١) . وكان أحسن وسيلة ميسورة حينئذ لتعليل الحرارة كمية . وبهذه الطريقة اهتدى بلاك لمقاييس الحرارة الكامنة ، تلك

---

(١) درجة الحرارة هي درجة السخونة المقدرة طبقا لمقاييس موضوعة . وقد اقترح نيوتن مقياسا مكونا من اثني عشر درجة ، كانت نقطاه الثابتتان هما نقطة تجمد الماء ودرجة حرارة الجسم البشري . وشاع في النصف الأول من القرن الثامن عشر استعمال المقاييس الفرنهيتية والمئوية المألوفة لنا .



المقاييس التي كانت ذات أهمية كبرى في الأيام الأولى للآلة البخارية . وعلى ذلك فعلى الرغم من أن نظرية السيل الحرارى تبدو لنا اليوم غريبة ، إلا أنها أدت غرضاً نافعاً . ولكنها كبقية الفروض الأخرى كان لا بد من نبذها حينما فشلت فى أن تتسع لنتائج المزيد من الخبرة . وعلى ذلك فإن الحقائق التي تكشففت فى أوائل القرن التاسع عشر أجبرت رجال العلم أن ينبذوا فكرة السيل الحرارى كلية . وقد ثبت حينئذ أنه فى الأماكن توليد كمية غير محدودة من الحرارة بمجرد ذلك شيئين سوياً فترة كافية (١) ، ولكن ليس فى الأماكن إنتاج شيء مادي بمجرد ذلك . ونتيجة لذلك فإن رجال العلم رجعوا الى فكرة أن الحرارة ما هى إلا نوع من أنواع الحركة ، أو إثارة دقائق جسم .



شكل ٣٧

توضيح احدى الطرق التي استعملها جول فى تقدير المكافئ الميكانيكى للحرارة

ولكن الأفكار العامة لا ترضى رجل العلم . انه يريد دائماً أن يقدر وأن يجد العلاقات العددية بين ما يقدره . وعلى ذلك لم يمض وقت طويل حتى أجريت تجارب مضبوطة للتعبير بواسطة الأعداد عن العلاقة بين الحرارة والشغل المؤدى لأحداث هذه الحرارة . وقد قام جيمس بريسكوت جول ( ١٨١٨ - ٨٩ ) أحد أهالى منشستر الذى كان فى وقت ما تلميذا لدالتون بأبحاثه الشهيرة . وكانت أشهر تجارب جول التي أجراها هى خض الماء بشدة بواسطة نوع من أنواع البدالات . وبملاحظته ارتفاعاً فى درجة حرارة وزن معين من الماء اكتشف الحرارة المتولدة . وبتحريك البدال بواسطة أثقال مدلاة ( شكل ٣٧ ) قدر العمل المؤدى بالوحدات البوندية . ونتيجة لمحاولات عديدة استغرقت سنين عديدة وجد حول

(١) فى سنة ١٧٩٨ قدمت رسالة للجمعية الملكية عنوانها : بحث فى مصدر الحرارة المتسببة عن الاحتكاك . وقد وصفت هذه الرسالة كيف انه بحك مثقاب كليل على اسطوانة معدنية دائرة يمكن رفع كمية من الماء الى درجة الغليان فى ساعتين .



نسبة ثابتة بين العمل المؤدى والحرارة الناتجة . وهذا المقدار الثابت هو ما نعرفه الآن باسم المكافئ الميكانيكى للحرارة . ونتيجة لذلك بين أن الحرارة والحركة في جوهرهما شيء واحد .

وفتحت النتائج التى وصل اليها جول الطريق لاثبات أحد المبادئ الأساسية فى الفيزياء ، ألا وهو بقاء الطاقة ، الذى ينص على أن الطاقة لا تستحدث ولا تفنى . وقد كان مكافئ طاقة الحركة والجهد معروفا من وقت طويل ، ولكن جول توسع فى لفظ الطاقة حتى شمل الحرارة . ولذلك أخذ الناس يفكرون فى الطاقة على أنها تتغير من صورة لأخرى ، ولكنها لا تفقد أبدا . وعلى ذلك اعتبر الاختفاء الظاهري للطاقة عند سقوط حجر الى الأرض كتغير من حركة الحجر ككل الى حركة جسيماته الدقيقة أو بمعنى آخر الى حرارة .

وخطت نواحي التقدم منذ أيام جول فى كل فرع من فروع علم الفيزياء خطوات هائلة ، فقد اتسعت معلوماتنا عن تغيرات الطاقة عن طريق الجهود المشتركة التى بذلها كثير من الباحثين . وبهذه الطريقة تجمعت معلومات من مصادر كثيرة وضمت بعضها الى بعض . وعلى ذلك فانه يفكر الآن فى كل أنواع الاشعاع بما فى ذلك الضوء المرئى ، والأشعة السينية ، والتموجات اللاسلكية على أنها أنواع للطاقة ، وتقاس طاقاتها بوسائل مناسبة . كما يفكر فى الحرارة الناتجة عن تيار كهربى كما فى المصباح الكهربى العادى أو السخان على أنها حرارة تولدت عن احتكاك الألكترونات المارة خلال السلك . وتعتبر الحرارة الناتجة أثناء تغير كيمائى كمقياس للفرق بين حالات الطاقة قبل وبعد التغير . وحتى تغيرات طاقة الحيوان الحى أخضعت للقياس الدقيق أيضا . وقد أوضحت تجربة الإنشطار الحديث للذرة أن الذرة نفسها ما هى الا مستودع طاقة حقيقى . وعلى ذلك كانت فكرة الطاقة ذات قيمة لا تقدر فى وحدة التفكير العلمى .

## ٢ - بعض تطبيقات مبدأ الطاقة

لم يربط مبدأ الطاقة المعلومات المستقاة من ميادين كثيرة بعضها ببعض فحسب ، بل أمد الناس أيضا بمبدأ هاد أدى بهم الى حل مشاكل جديدة . وعلى ذلك فنبعث الطاقة الحركية لجزيئات الغاز ، وباعتبار ضغط الغاز كعملية راجعة الى قذف جوانب الاناء بالجزيئات المتحركة بسرعة تمكن الكيميائيون من معالجة بعض مشاكل الغاز من وجهة النظر الديناميكية . وأصبح من السهل علاج مشاكل مثل العلاقة بين الضغط وحجم الغاز عندما تظل درجة الحرارة ثابتة ، وكذلك العلاقة بين درجة الحرارة والحجم حينما يظل الضغط ثابتا ، طبقا للمبادئ الديناميكية .



وتنتمى هذه الاعتبارات الى ما نسميه بنظرية الحركة للغازات . وقد وجد أن قانون بويل ، وقانون شارل (١) ، وفرض أفوجادرو نشأت كنتيجة طبيعية لهذه النظرية .

ولكننا حينما نتتبع مبدأ مثل مبدأ طاقة حركة جزيئات الغاز ، ونصل الى نتائج تتفق اتفاقا تاما مع النتائج المستقاة من تجارب أجريت في مجالات شديدة التباين ، نشعر أننا نسير على أرض صلبة . وأن ثقتنا في المبادئ التى استنتجنا منها نتائجنا قد تدعمت بدرجة كبيرة .

وحيثما نطبق القواعد العادية للديناميكا على سلوك الجزيئات الغازية ، فإننا لا نخص بذلك جزيئات أى غاز معين . اننا نفكر فى غاز مثالى أو غاز كامل جزيئاته مثل الكريات الصغيرة تنطلق فى جميع الاتجاهات وتتحرك مستقلة استقلالاً كاملاً عن بعضها البعض . ونفكر علاوة على ذلك فى الجزيئات كأنها صغيرة جداً بدرجة انها لا تشغل حيزاً ذا قيمة فى الاناء الذى يحتويها . ونستنتج من هذه الفروض قوانين بويل وشارل .

وتنطبق هذه القوانين انطباقاً تاماً على غازات كالأكسجين ، والنيتروجين ، والأيدروجين وهى فى درجات حرارة وضغوط واسعة الآماد . وتنطبق من جهة أخرى على غازات مثل غاز ثانى أكسيد الكربون والكلور فى درجات حرارة وضغوط محدودة الآماد . ولا بد أن نستنتج من هذا أن غازات مثل الأكسجين تقترب من صفات الغاز الكامل ، بينما الغازات الأخرى ليست كذلك . والغازات التى تنطبق عليها هذه القوانين انطباقاً كبيراً هى الغازات التى من الصعب تحويلها الى سوائل . أما تلك التى تحيد بدرجة واضحة عن هذه القوانين فهى التى يمكن تحويلها بسهولة الى سوائل . وقد أظهرت التجارب التى أجراها صيدلى أرلنسن يدعى توماس أندروز ( ١٨١٣ - ٨٥ ) أن الغازات لا يمكن تحويلها الى سوائل حتى بواسطة ضغط كبير إذا كانت درجة الحرارة فوق قدر معين . ويختلف هذا القدر باختلاف الغازات . وقد صارت هذه تعرف باسم درجة الحرارة الحرجة أو الاخرار الحرج .

وتعطينا نظرية الحركة تفسيراً معقولاً لدرجة الحرارة الحرجة هذه . ونحن نعتبر الحرارة كحركة جزئية ، ونعتقد أنه حينما ترتفع درجة الضغط الخارجى بنقص الحيز الذى يشغله الغاز ، فإن الجزيئات يدفع بعضها بدرجة أكثر ، وقد تنظم لبعضها مكونة مجموعات ، وبذلك تثقل

---

( ١ ) القانون الذى يحدد العلاقة بين حجم الغاز ودرجة الحرارة حينما يكون الضغط ثابتاً هو قانون بويل . كل طالب ناشئ من دارسى الفيزياء أو الكيمياء .



الى الحالة السائلة . ولكن فى امكاننا أيضا أن نتصور أن الجزيئات تتحرك بسرعة تجعلها غير قادرة على الاتحاد بعضها مع بعض مهما كان الحيز الذى تتحرك فيه . وأقل سرعة تنطبق عليها هذه الحالة تطابق درجة الحرارة الحرجة .

وقد وجه الباحثون عنايتهم بعد المامهم بدرجة الحرارة الحرجة هذه لتوليد درجات حرارة منخفضة بدلا من ضغوط هائلة ، وابتكرت أجهزة مناسبة لهذا الغرض . وفى العقود الأخيرة من القرن التاسع عشر أمكن تحويل الأوكسجين والنيتروجين إلى الحالة السائلة .

وتقوم إحدى الطرق الهامة لتحويل الغازات إلى سوائل على نفس الحقيقة التى تتلخص فى أن الغازات لا تتوفر فيها جميع الشروط التى نفترضها فى الغاز الكامل . وعلى ذلك فإن الجزيئات الغازية فى كل حالة تقريبا تجذب بعضها بعضا حتى حينما تتحرك بسرعة عالية . وإذا جذبت الجزيئات بعضها بعضا مع جعل الغاز يتمدد ، فإن الجهد الذى ينفق فى التغلب على جذب هذه الجزيئات بعضها بعضا يظهر بجلاء فى تخفيض بسيط لدرجة حرارة الغاز ككل . وقد اكتشف هذا التأثير التبريدى حول بالتعاون مع اللورد كلفن . وعلى ذلك فإن التبريد الذى يحدث بهذه الطريقة حينما ينفذ غاز خلال فتحة صغيرة أثناء خروجه استخدم فى كثير من الطرق الحديثة لتحويل الغازات إلى سوائل على نطاق واسع . ولقد أمكن تحويل جميع الغازات المعروفة فى الوقت الحاضر إلى سوائل .

وطبقت مثل هذه الطرق فى الصناعة . وقد تم تحضير الأوكسجين فى الوقت الحالى بكميات وافرة عن طريق تبخير الهواء السائل . ويستعمل الأوكسجين الناتج بهذه الطريقة فى اللحام الآسيتيلينى الأوكسجينى ، وفى عمليات كثيرة فى الصناعة الكيماوية . ويتم توليد درجات الحرارة المنخفضة التى تتطلبها كثير من العمليات الفنية بواسطة تبخير غاز سائل . وعلاوة على ذلك فإن الطريقة التى أدت إلى التوليد الناجح لدرجات حرارة منخفضة ثبتت جدواها فى أبحاث علمية معينة . وفى الحقيقة ، كما أن الطرق الفنية تقوم على مجرد البحث ، فكذلك يتوقف التقدم العلمى بدرجة كبيرة على تقدم الطرق الفنية .

### ٣ - تحول الحرارة إلى شغل

لقد تحدثنا حتى الآن عن تحويل الشغل إلى حرارة . ولكن العملية العكسية ممكنة أيضا بشروط معينة . ان دراسة تحويل الشغل إلى حرارة والعكس بالعكس وهو الموضوع الذى تعالجه الديناميكا الحرارية



قد ثبت أنه ذو أهمية هائلة في الدراسات النظرية وكذلك في أمور الهندسة العملية .

ويتطلب تحويل الحرارة الى شغل وجود مادة مثل البخار الذي يستطيع بتمدده دفع مكبس ، وبهذه الطريقة يؤدي شغلا . وتحتاج أيضا الى درجتى حرارة مختلفتين . فمثلا نجد أن الغلاية والمكثف فى الآلة البخارية لهما درجتا حرارة مختلفتان . وحين يتمدد البخار فإنه يعمل ، وفى نفس الوقت تنخفض درجة حرارته .

وترجع الدراسة النظرية للآلات الحرارية الى الجهود التى بذلها باحثون عديدون فى القرن التاسع عشر ، ولذلك فإن النظرية أتت بعد استعمال الآلات الحرارية فى حياتنا اليومية بوقت طويل . وتؤدي بنا نظرية الآلات الحرارية الى النتيجة التى تتلخص فى عدم امكان جعل جسم أكثر سخونة بجعل جسم بارد أكثر برودة الا اذا قمنا بعمل . وعلى ذلك فلا يمكننا أخذ حرارة البحر وجعلها تقوم بعمل ما على الرغم من أن الطاقة الجزئية الكلية للبحر عظيمة جدا . والحقيقة أنه من الممكن فقط احداث تحويل الحرارة الى شغل عندما يكون هناك تباين فى درجة الحرارة . وحتى فى هذه الحالة فإن ما يتحول الى شغل هو جزء من الحرارة فحسب . وهذه احدى القيود التى علينا أن نستسلم لها .

#### ٤ - تحويلات الطاقة

اعتاد الناس قبل تقرير مبدأ الطاقة اضاءة وقتهم سسدى محاولين صناعة آلات لادارة العجلات أو لطحن الغلال تستمر فى الحركة الى الأبد بمجرد أن تبدأ فيها . ونحن نعتبر الآن مثل تلك الآلات الدائمة الحركة أمرا من نسج الخيال وعكس كل ما استقيناه من خبرات . وقد شغل ابتكار مثل تلك الآلات بال كثير من الرؤوس المفكرة ، ولا يتحدث الآن عنها سوى الجهلة والمرتابين . ويعلم المهندس اليوم أنه لا يستطيع ايجاد الطاقة ، انه يستطيع فقط تغيير نوع منها بآخر أكثر نفعاً له .

والمصدر الطبيعى الرئيسى للطاقة فى انجلترا هو الفحم ويتضح تحويل طاقته اقتصاحا تماما فى النار المنزلية . ان اشتعال النار فى موقد المطبخ يولد مركبات غازية تتناثر جزيئاتها بشدة وتأخذ فى الدوران مصطدمة بعضها ببعض . وتوجد هذه الاصطدامات حركة سريعة فى جزيئات حديد الجزء الأعلى من الموقد . وعلى ذلك فإن جزيئات الطاسنات وما بها من محتويات توضع فى حركة استثارة سريعة وبذلك يظهن الغذاء ، ولذلك فإن بعضا من طاقة الفحم المشتعل تؤدي غرضا نافعا . ومع ذلك فإن كثيرا من هذه الطاقة يستعمل فى تسخين المدخنة ، وفى



ارسال الاشعاعات التى تدفئ المطبخ ، وبذلك يكس وجه الطاهى بحمرة وردية ، وتضييق من خلقه . وعلاوة على ذلك يبقى الكثير من الطاقة غير مستعمل على صورة سخام يترك فى المدخنة ، ودخان يلوث الهواء فى الخارج . ويكون السخام والدخان فقط قدرا كبيرا من الطاقة التى كان من الممكن استخدامها فى غرض نافع ، ولكنهما يشكلان علاوة على ذلك خطرا على الصحة (١)

وتحولات الطاقة كثيرة العدد فى الصناعة . فمثلا تولد الطاقة الكيماوية للوقود الفحمى أو البترول البخار فى القاطرة أو فى الآلة البخارية الثابتة . وحينما يتمدد البخار يؤدى عملا ويصبح بذلك أقل حرارة ، وبذلك تتحول بعض الحرارة الى شغل . وكذلك فى التوربين البخارى الذى هو عبارة عن عجلة ضخمة من الصلب تدار بواسطة البخار كما تدار طاحونة الهواء بواسطة الريح ، يتولد البخار فى نفثات ذات ضغط عال تصطدم بالريش المقوسة للتوربين . ويحدث شغل ويدور التوربين بواسطة طاقة البخار الحركية . وتستعمل التوربينات اليوم فى المحركات المروحية فى مصانع صهر الحديد ، وكذلك لانتاج القوة الكهربائية التى يولدها التوربين فى تحريك القطارات ، وإبارة المدن ، وإدارة آلات مصانع الغزل والمصانع الأخرى . ولذلك فهناك تحول من الطاقة الكيماوية الى الميكانيكية ثم الى الكهربائية ثم الى الطاقة الميكانيكية مرة أخرى .

والمصادر الطبيعية الكبرى للطاقة فى كثير من بلاد العالم وعلى الأخص السويد ، وسويسرا وأمريكا الشمالية هى الشلالات القوية . وبدلا من أن ندع الشلالات الكبرى تجرى هباء يمكن أن نجعل بعضا من الماء يسقط من أعلى مستوى ممكن الى مستوى آخر أكثر انخفاضا بكثير . وهناك يدور توربين مائيا عبارة عن نسخة حديثة من الصلب للساقية الألمانية القديمة . وبهذه الطريقة يمكن جعل جزء من الطاقة يؤدى شغلا يجعل العجلة تدور ، وكذلك تتحول طاقة جهد الماء عند مستوى عال الى طاقة حركية مفيدة .

## ٥ - آلة الاحتراق الداخلى

تستخدم الآلة البخارية والتوربين البخارى والتوربين المائى كوسيلة ممتازة لتحويل الطاقة الى أغراض كبيرة . ومع ذلك ففى خلال الجيل

---

( ١ ) مما لا شك فيه أن أطفالنا لن يبدروا فى استعمال الفحم هكذا ، ولكنهم سيدفنون منازلهم ويظهرون أطعمتهم بالكهرباء التى يستمدونها من محطات كبيرة مركزية تستعمل فيها الطاقة الذرية بأقصى مدى لها . أنهم بالتأكيد سينظرون الى العقود الأولى من القرن العشرين كما لو كانت تنتمى الى العصور المظلمة .



الأخير توصل الانسان الى اتقان مصدر جديد من مصادر القوة الدافعة ،  
الا هو آلة الاحتراق الداخلى .

ويتم التسخين فى الآلة البخارية فى الخارج فى فرن ، أما فى آلة  
الاحتراق الداخلى فيتم الاحتراق فى الداخل كما يدل على ذلك الاسم .  
ويتحرك المكبس فى الآلة البخارية بواسطة تمدد البخار ، أما فى آلة الاحتراق  
الداخلى فيتحرك المكبس بواسطة سلسلة متتالية من انفجارات مزيج من  
الهواء ومن غاز مشتق من البترول .

وتوجد فى كثير من أنحاء العالم وخاصة فى الولايات المتحدة، والمكسيك  
وروديسيا مواد مكونة من بخاليط من الأيدروكربونات السائلة بكميات هائلة  
وتكون هذه البترول الخام . وعند تقطير زيت البترول نجد أن أول ما يتقطر  
منه هى الأيدروكربونات التى لها أقل نقطة غليان . وهذه هى الزيوت  
الخفيفة التى تعرف فى انجلترا باسم البترول ، وفى الولايات المتحدة باسم  
الجازولين . وتدعى الأيدروكربونات المتبقية باسم الزيوت الثقيلة  
وتستعمل كل الزيوت الخفيفة والثقيلة فى آلة الاحتراق الداخلى . ويمكن  
تقسيم مثل تلك الآلات الى نوعين رئيسيين : النوع ذو الخلط (١)  
ويشتمل على آلات الغاز والبترول ، والنوع ذو المحقن ويشتمل على  
الآلات التى تستخدم الزيت الثقيل .

ويستعمل النوع ذو الخلط فى المتوسكلات والسيارات ، اذ يتكون  
من هواء من الجو مع رشاش من البترول مخلوط مفرق يدخل الى الأسطوانة  
ويشتعل بواسطة شرارة من المغناط أو ملف الاشعال . ويرجع الفضل  
الأكبر فى ابتكار آلة ذات أثر فعال من هذا النوع الى المهندس الألماني  
دايملر ( ١٨٣٤ - ١٩٠٠ ) . وظهر أول متوسكل ماركة دايملر عام  
١٨٨٤ ، وأول سيارة فى السنة التالية . وكانت السيارات الأولى تصمم  
بحيث تشبه العربات ، وكانت تخبأ مكبات هذه السيارات تحت مقعد  
السائق . وحينما أدخلت سيارة دايملر لأول مرة انجلترا كان مازال هناك  
قانون سار فى بريطانيا العظمى بأن على العربات غير ذات الجياد التى  
تسير فى الطرق أن يتقدمها رجل يحمل علما أحمر بالنهار ، ومصباحا  
بالليل . ولم يعدل هذا التشريع الذى سن فى القرن التاسع عشر حتى  
عام ١٨٩٦ . وقبل أن يحل هذا الوقت كانت أفكار الناس فيما يتعلق  
بالسلامة العامة تتسم بقدر أكبر من الشجاعة . وحينئذ أخذت التجارب  
فيما يختص بالسيارات وانشاء الآلات تجرى على قدم وساق . كما أن  
الأبحاث التى تلت ذلك بخصوص انشاء الآلات ، وبخصوص أنواع

---

(١) أو ذو الكاربيراير ، والكاربيراير جهاز لخلط الهواء بالبترول ليحدث عن ذلك  
مخلوط مفرق ( المترجم )



الوقود ، والسبائك المعدنية التي تستعمل في صناعة الماكينات ، ومطاط  
الاطارات فقد أمدتنا بالسيارات التي نستعملها اليوم .

أما النوع ذو المحقن لآلة الاحتراق الداخلى فيرجع الفضل فيه الى  
جهود المهندس الألماني رودلف ديزل ( ١٨٥٨ - ١٩١٣ ) ، والى المخترع  
هــ. آكروبد ستيوارت ( ١٨٦٤ - ١٩٢٧ ) . ان هذين الباحين اللذين كان  
كل منهما يعمل مستقلا تماما عن الآخر ابتكر آلة يضغط فيها الهواء حتى  
يصير شديدا الحرارة . ويحقن الزيت على شكل رذاذ دقيق ، وتكفى درجة  
الحرارة العالية المتولدة من انضغاط الهواء لاشعال المخلوط . ويجب أن  
يكون الزيت ذا لزوجة تكفى لحدوث احتراق حينما يرش في مشعل زيت  
الوقود .

وتستعمل زيوت الوقود الآن على نطاق واسع في الأفران للتسخين  
المنزلى ولتوليد البخار للأغراض الصناعية .

## ٦ - الصناعة والنقل

أحدثت آلة الاحتراق الداخلى خلال الجيل الأخير انقلابا ثوريا في  
نظام النقل البرى : فبدلا من تحزيم البضائع ونقلها الى محطة السكة  
الحديد ، وإعادة تعبئتها في عربات القطار ، مع القيام بنفس العملية أيضا  
عند محطة الوصول ، تؤخذ مباشرة من مكان صنعها الى المشتري . وكان  
هذا ذا تأثير على الصناعات بأجمعها ، من صناعة الدبابيس والابر الى  
صناعة الطائرات ، ومن زرع البطاطس الى تنظيم مزارع المطاط .

ويأخذ هذا التغيير طريقه في جميع انحاء العالم المتمدن . ان عربة  
اللورى تحمل الماشية ومنتجات الألبان والخضراوات والفواكه والأزهار  
الى المدن . وتحمل سيارات الركاب الكبيرة القرويين الى المدن ، وتأثرت  
به كل مستويات الحياة الاجتماعية اليوم ، وذلك بمساعدته للتجارة ،  
وبتوسيعه لمدى الاتصالات البشرية .

وقد جعلت آلة الاحتراق الداخلى الغواصة والسيارات والطائرات  
في حيز الامكان . هيا بنا نتمنى ونحن آملون ألا تعود بنا حاجة لاستعمال  
الغواصة في الحرب ، بل تستخدم في الكشف العلمى لأعماق المحيط ، وفي  
ارساء الكبلات البحرية ، وفي أعمال الانقاذ . أما فيما يختص بالنقل  
الجوى فهناك تقدم دائم فيه ، فالبريد الجوى يعمل بانتظام في طرق عديدة  
كما تسعمل طائرات ضخمة لنقل البضائع . ولا تسافر الطائرات الضخمة  
الآن بسرعة أكبر من سرعة القاطرات وعبارات المحيط فحسب ، بل ان  
المسافرين الذين يستقلونها يشعرون بقدر أوفر من المتعة واليسر، بينما  
لا يتكلف السفر بالجو في الطرق أكثر مما يكلفه السفر بالقطارات .



والنقل الجوى ذو قيمة خاصة فى الأقاليم الاستوائية حيث تتم الآن الرحلات التى كانت تستغرق أسابيع عبر غابات غير صحية وغير مطروقة فى ساعات قليلة . وكذلك يمكن رش مساحات كبيرة من الأراضى الموبوءة من الهواء بمبيدات حشرات كيماوية ، وبهذا تمكن السيطرة على كثير من الضرر الاقتصادى الذى تتسبب فيه الآفات . وللتصوير الجوى استخدامات واسعة النطاق . ان الدقة المتناهية للتصوير الجوى تكشف عن التخطيط الأرضى للجيولوجى والمنقب ، وتكشف كذلك عن حدود الأماكن القديمة لرجل الآثار بطريقة أفضل بكثير مما تكشفه الملاحظات السطحية . وقد حل التصوير الجوى محل بعض الطرق المضنية المستعملة فى المسح الأرضى ، وبرهن بذلك على أنه ذو منفعة كبيرة فى البلاد التى تقع فى المنطقة الحارة ، وكذلك فى الأقطار المختلفة الأخرى . وزيادة على ذلك ، ففى استطاعة المهندسين والمنقبين القائمين بأعمال البحث النائية وسط الأحراش أن يتلقوا لا البريد فحسب ، بل والمعونة الطبية وكميات الزاد أيضا .

وآلة الاحتراق الداخلى الذى يعتمد عليها الكثير من النقل الجوى فى العالم انما هى مثل آخر للكيفية التى تغلب بها الانسان بالاستعانة بالعلم التطبيقى على القيود التى ضيققت الخناق عليه بادية الأمر . وقد رأينا كيف أحدث استعمال القوة الميكانيكية فى النسيج ، واستخدام الآلة البخارية فى النقل تغيرات عظيمة فى حياة سكان غرب أوربا . ورأينا أيضا كيف يستغل الانسان بعضا من المخزونات الهائلة من طاقة الأرض ويشكلها حسب مشيئته . وتتجلى لنا نتائج سيطرة الانسان فى المدينة الصناعية الحديثة بحركة مرورها الصاخبة ، ومصانع حديد المصلصلة ، وآلاتها التى تئز ، وحفارات طرقها الأوتوماتيكية . ولا يراعى الانسان باستمرار الحكمة فى استخدام سيطرته هذه . وترهقنا جميعا بعض الأحياء فظاعة الانهماك الشديد فى الانتاج الصناعى . وعلى الرغم من ذلك فهناك شئ من المتعة النفسية فى هذا النشاط ، كما عبر عن ذلك شاعر التاج روبرت يريدينجز فى قصيدته « عهد الجمال » الديوان الأول ، الأبيات من ٤٥-٥٢ :

حينما أخذت الى حجرة الآلات يوما فى صباى

فى الورش الصاخبة لمصنع عظيم .

وقفت وجها لوجه مع القوة الدافعة الهائلة

الجاثمة فى ردهة سفلى

والتي جعلت كل الطوايق ترتجف

ألف نول تختلج ، ودواليب غزل ترقص

شعرت فى نفسى برابطة نسب وحنان

نفس الشعور الذى يخالج الأطفال

نحو الغيلان التى يعشقونها .



## الفصل الحادى عشر

# دراسة الأشياء الحية

يجب علينا أن ننتقل الى ميدان جديد من ميادين الدراسة ، ونتدبر مرة أخرى بعض نواحي التقدم فى العلم الخاص بالطبيعة الحية . وقد تتبعنا من قبل كشف هارفى للدورة الدموية . لقد جعل هذا الكشف العظيم الناس ينظرون نظرة جديدة الى الأعمال التى يقوم الجسم بتأديتها . وكان الناس من قبل وقت هارفى يعتقدون بطريقة غامضة أن الدم ينحسر وينساب لكونه الوسيلة لحمل أرواح غامضة تنشأ فى القلب والمخ . ولكن اكتشاف هارفى أثبت أن الدم يدور باستمرار ، وأنه يحمل التغذية لجميع أجزاء الجسم . وعلى ذلك أصبحت أفكار الناس أكثر تحديدا . ولقد بدأوا يتساءلون من أين يأخذ الدم المواد الغذائية ، وكيف تنتقل الى الجسم . وأدت مثل هذه الأسئلة الى مزيد من التجارب . وقد أثبتت النتائج أن الجسم الحى يمكن دراسته ، ويمكن وصف العمليات التى يقوم بها على الرغم من أننا لا ندرى شيئا عن ماهية الحياة . وقنع رجال العلم من ذلك الوقت فصاعدا بتسجيل ما كانوا يشاهدونه ، معترفين بأن التفسيرات قد لا تكون فى متناول أيديهم الى الأبد . وقد تميزت بهذه الظاهرة كل نواحي التقدم فى العصور الحديثة .

### ١ - الدراسات المقارنة

وحيث انه قد أُلقيت الأضواء على مزيد من الحقائق الخاصة بجمهرة غفيرة من الأشياء الحية ، فقد أحس الناس بالحاجة الى ايجاد نوع من التنسيق لأفكارهم بواسطة خطة اتخذوها لتصنيفها . والحقيقة أن مجرد تجميع الحقائق دون بذل أى مجهود للبحث عما بينها من علاقات يبدو مستحيلا للعقل البشرى .

وهناك أدلة على وجود هذا الحافز نحو التصنيف فى المؤلفات العلمية القديمة . فمثلا قام أرسطو أحد أعظم الباحثين الذين أنجبته



الأيام فى ميدان الطبيعة الحية بتصنيف الحيوانات التى لاحظت عاداتها، وتكوينها ، وقد تعرف على أكثر من خمسمائة نوع ، واستعمل فكرة النوع ليدل على قسم أدنى من فصيلة أعلى . واعترف بوجود تدرج فى التعقيد فى جميع أنحاء المملكة الحيوانية ، وخص بالذكر الأقسام الرئيسية - الفقاريات واللافقاريات - وقام بدراسات كثيرة مقارنة . كما يدل ذلك على تعرفه على العلاقات التى بين بعض الكائنات البحرية والثدييات البرية .

ويبدو أن الذين تلوا أرسطو لم يضيفوا مزيدا من طرق التصنيف . وكان علماء الأحياء (١) حتى القرن السابع عشر قانعين بتسجيل أوصاف تفصيلية لأصناف مختلفة من الأشياء الحية . وابتكر علماء النبات فى ذلك الوقت كثيرا من المصطلحات التى استعملوها كنوع من الاختزال هادفين الى جعل الأوصاف أوجز وأكثر دقة . والحقيقة أن مثل هذا الاقتصاد فى الكلمات يلعب دورا هاما فى جميع الأوصاف العلمية .

وأصبح مفهوم النوع يستعمل كثيرا جدا قرب نهاية القرن السابع عشر - كما يستعمل الآن - ليدل على قسم محدد نوعا ما بين النوع الرئيسى أو الجنس وبين الجم الفقير من الأصناف (٢) . وعلى العموم فعلى الرغم من أن الأنواع تتفق فى الصفات الرئيسية للجنس الذى تنتمى إليه ، إلا أنها تختلف فيما هو دون ذلك من الملامح . ولكن الدراسات التى تلت ذلك وخصوصا دراسات دارون أثبتت أن وجهة النظر هذه تتطلب تحديدا ، وأنه من المستحيل وضع أية قاعدة صارمة فيما يختص بطريقة التمييز بين الصنف والنوع .

وفى النصف الثانى من القرن الثامن عشر وضعت طريقة فعالة لتصنيف النباتات بواسطة عالم نبات سويدى يدعى لينيس ( ١٧٠٧ - ١٧٧٨ ) . وقد أسس طريقته على الصفات المستمدة من الأسدية والكرابل ، وهى الأجزاء المسماة بأعضاء التناسل فى الزهرة . وأدخلت طريقته فى حسابها عددا قليلا فقط من المميزات الواضحة ، ولكنها كانت ذات نفع كبير فى أيامه ولفترة طويلة بعد ذلك . ومن الممتع أن

---

( ١ ) ان كلمة علم الاحياء بدأ استعمالها فى طليعة القرن التاسع عشر .

( ٢ ) ما يجرى عليه الناس عامة الآن هو تقسيم كل من الحيوانات والنباتات باعطائها اسما مزدوجا يشير الاول الى الجنس الرئيسى والثانى الى النوع . ولذلك فإن هناك أنواعا عديدة من نباتات شقائق النعمان تعرف باسم رومانكبولس آكريس ، ورومانكيولس - بينز ، ورومانكيولس بيولوسس ، وهكذا .





دالتون يجمع غاز المستنقعات ( من صورة في صالة عرض للفنون بمنشستر ) برشسة، فورد مادوكس براون





رسم توضيحي قديم وطبيعي جدا النبات



نلاحظ أن لينيس أدرج كلا من الحيوانات والنباتات تحت اسم واحد ،  
الا وهو الكائن الحى . وهو تعبير شائع اليوم . ومع ذلك فان ادخال  
التعبير يعد مرحلة هامة من مراحل التفكير العلمى ، بتعليقه أهمية على  
على أوجه التشابه أكثر من أوجه الخلاف ، ومساعدة الناس على أن  
يكونوا أوسع أفقا فى تفكيرهم .

وظل علماء الطبيعة فى بلاد كثيرة من أوروبا طوال القرن الثامن عشر  
يضيفون الى كنوز المعرفة الخاصة بالكائنات الحية . ونتيجة لذلك ألقى  
الضوء على كثير من العلاقات الهامة بين هذه الكائنات . فمثلا رأى أن  
الفقاريات تتكون طبقا للنظام العام فيما يختص بشكل الهيكل العظمى ،  
وفى ما يختص بالتفاصيل كالأسنان ، والأذان ، والرئتين ، والعضلات  
الضابطة . وكانت أبحاث جون هنتر ذات أهمية عليا فى ميدان التشريح  
المقارن . وكانت الدراسات المقارنة بالنسبة له تستخدم لا كمجرد  
وسيلة تعينه على التصنيف فحسب ، بل كوسيلة لبعض التفهم السليم  
للصلة التى تربط بين الكائنات الحية ، ولبدأ الحياة الغامض الذى  
يتحكم فى جميع أوجه نشاطها .

وأدى هذا بهنتر الى دراسة أثر العادة على تكوين الحيوانات . واقد  
لاحظ مثلا أن التغيرات فى الغذاء أحدثت تغيرات فى أعضاء الجهاز  
الهضمى للطيور . ودرس سرعة وكيفية نمو العظام . وقام بتجارب  
دقيقة ضم فيها أجزاء مختلفة من جسم حى بعضها الى بعض . لقد  
غرز مهمسا ديك فى عرقه ، ووجد أن سرعة نموه هناك تبلغ ضعف  
سرعة نمو المهماز الذى ترك على الرجل الأخرى للديك . وبعد زمن هنتر  
بوقت طويل أدرك الباحثون الآخرون الذين كانوا يظنون أنهم عثروا على  
شئ جديد فى وظائف أعضاء الجسم الحى أن هنتر قد سبقهم الى هذا  
كله . وقد أدى هنتر خدمة مباشرة لعلم الأحياء ، ألا وهى طريقته فى  
تنظيم المتاحف . ان مجموعاته الهائلة قد حصل عليها بعد موته ، وهى  
تكون الآن جزءا من المتحف الهنترى فى لندن . وقد نظمت متاحف  
التاريخ الطبيعى التى نراها الآن فى جميع البلاد المتقدمة بدرجة كبيرة  
على نسق خطط هنتر .

ويمثل هنتر الباحث العلمى فى أحسن حالاته . وكان يبرز معاصريه  
لدرجة كبيرة جدا فى الذكاء وإخلاصه للحقيقة الذى لا يكل . انه يقف  
كشخصية بطولية ، اذ كرس حياته للعلم . وقد مات من نتائج مرض  
أصاب به نفسه أثناء جهوده لايجاد علاج يخفف آلام مواطنيه .



## ٢ - التغيرات الكيماوية فى الكائنات الحية

لقد أسهم الكيماويون بمساهمات قيمة فى دراسة الحياة . فقد أثبت بريستلى انه حينما تترك الفئران فى حيز مغلق تموت بسرعة ، ولكن الهواء الذى تجعله بهذه الطريقة غير صالح للتنفس يمكن أن يرد الى حالته الأولى بواسطة نباتات حية خضراء . وقد رأى بعد الالمام بالغازات العامة التى يتكون منها الغلاف الجوى انه بينما يزيد تنفس الحيوان مقدار غاز ثانى أكسيد الكربون فى الجو ، فان النباتات الخضراء النامية نهارا تأخذ الكربون من الغاز ، وبذلك تعيد الأوكسجين الذى فقد فى الأصل وهذه العملية التى تقوم بها النباتات ، والتى تحدث توازنا ملحوظا فى الطبيعة تعرف بعملية التمثيل الضوئى . وبهذه العملية تتكون مركبات الكربون المعقدة مثل النشا والمواد السكرية فى النبات الأخضر من غاز ثانى أكسيد الكربون الموجود فى الهواء . وهذه العملية لا نظير لها فى المملكة الحيوانية . وعلى الرغم من أن الأشرار يشبهون ويزدهرون كما تزدهر شجرة الفار الخضراء ، الا أن طريقتهم فى الحصول على التغذية تختلف اختلافا جوهريا .

وقد توصل الناس بمرور الوقت الى التعرف على نظام كيماوى رتيب منتظم يلزم عمليات الحياة دوما . وقد أجريت دراسات بهذا الخصوص بتوجيه من لافوازييه عام ١٧٨٠ . ونتيجة لهذه الدراسات وجد أن الحيوان مثله بالضبط مثل قطعة فحم نباتى مشتعلة يأخذ الأوكسجين ، ويخرج ثانى أكسيد الكربون . وفى إحدى التجارب التى قام بها لافوازييه أشعل قطعة فحم نباتى فى اناء أحيط بثلج . وقد أعطاه وزن الثلج المذاب تقديرا للحرارة الناتجة (١) ، واستطاع بسهولة أن يحسب كمية الحرارة المنبعثة عن احتراق رطل من الفحم النباتى . وبعد ذلك احتفظ بخنزير غينى فى اناء محاط بثلج ، وأمدّه بهواء مدة عشر ساعات . وفى أثناء ذلك امتصت الغازات المنبعثة أثناء تنفس الحيوان ، وأمكن بعد ذلك ايجاد وزن ثانى أكسيد الكربون . وحسبت الحرارة المنبعثة على أساس وزن الثلج المذاب . وقدر لافوازييه النسبة بين وزن غاز ثانى أكسيد الكربون المتكون وبين الحرارة الناتجة (أ) فى حالة الفحم النباتى ، (ب) فى حالة خنزير غينيا . وأظهرت النتائج اتفاقا تاما تقريبا كاف لجعل لافوازييه يستنتج أن حرارة الحيوان ترجع الى التأكسد .

---

(١) أجريت تجارب بلاك على الحرارة الكامنة للثلج عام ١٧٦١ . ومنذ ذلك الوقت اعتاد رجال العلم اعتبار الحرارة كمية يمكن قياسها .



وبعد اجراء تجاربه الاولى هذه بسنين قلائل علم لافوازييه يكشف كافنديش الايدروجين . وقد اعتقد حينئذ ان التباين فى نتائجه لابد ان يكون راجعا الى ان الاوكسجين الذى تمتصه رثنا الحيوان يستعمل من جهة ليؤكسد الكربون محولا اياه لثانى اكسيد الكربون ، ومن جهة ليؤكسد الايدروجين محولا اياه الى ماء . وقد ظن ان هذا التاكسد يحدث فى الرئتين . وقد ثبت خطأ وجهة نظره هذه بعد موته بخمسين عاما . لقد تحقق الناس حينئذ ان حرارة الجسم راجعة الى التاكسد الذى يحدث فى جميع اجزاء الجسم المختلفة .

وقد خلف من بعد لافوازييه خلف جديد هو جى لوساك الذى كان مدرسا للبيج اثناء دراسته الاولى فى باريس . وقد دفعت أعمال لبيج دراسة التغيرات الكيماوية للكائنات الحية شوطا كبيرا الى الامام . وقد رأينا كيف اكتشف لبيج تركيب أعداد كبيرة من المركبات العضوية ، وحاول تطبيق هذه المعلومات على دراسة النباتات وعلى الزراعة . وعرف ان النباتات الخضراء التى تنمو اثناء النهار تأخذ الكربون من غاز ثانى اكسيد الكربون فى الهواء ، وما غاز ثانى اكسيد الكربون الا نتاج عادم من منتجات الحياة الحيوانية . ولذلك أدرك ان النباتات ترد الى الهواء الاوكسجين الذى تسلبه الحيوانات . وكان يعتقد علاوة على ذلك ان آزوت النباتات مشتق من آثار غاز النشادر الموجود فى الهواء ، وأنه حينما تتحلل النباتات فانها تعيد الأزوت بهذا الشكل الى التربة . وعلى ذلك تخيل وجود توازن فى الطبيعة بين الحياة الحيوانية والحياة النباتية .

وقد ثبت ان فكرة لبيج عن وجود توازن فى الطبيعة ذات أهمية كبيرة . وقد تبين بعد عصر لبيج انه أفرط فى تقدير غاز الأمونيا ( غاز النشادر ) فى الهواء ، وأن النباتات تستمد أزوتها غالبا من التربة . ولذلك فعلى الرغم من ان لبيج كان مخطئا فيما يتعلق بهذه النقطة الخاصة ، الا ان فكرته فى توازن الطبيعة وضعت فى الحقيقة الناس على الطريق القويم صوب دراسة علمية لتغذية النبات وتطبيقها فى مجال الزراعة . وأدرك لبيج ان النباتات تحصل على قدر كبير من غذائها من التربة ، وانه اذا استنفدت بعض املاح من التربة ، فانها لا تعود قادرة على مد النبات بالحياة . وبين ان خصوبة التربة يمكن استعادتها باضافة هذه الاملاح المفقودة . ومنذ ذلك الوقت صارت اضافة هذه الاملاح ، المسماة بالمخصبات الصناعية ، أمرا رتبيا بين الزراعين فى أنحاء كثيرة من العالم .



ولقد رأينا كيف انشئ في معمّل ليبيج نتاج نمطى من الحياة الحيوانية من العناصر المكونة له بالوسائل الكيماوية العادية . ومن ذلك الوقت فصاعدا درس رجال العلم التغيرات الكيماوية الناتجة بواسطة الكائنات الحية ، كما يفعلون مع التغيرات الكيماوية الأخرى . لقد أجريت مقاييس دقيقة للتغيرات الكيماوية التى تتم أثناء هضم الطعام (١) ، وكذلك لتغيرات حرارة الجسم . وابتكرت خلال السنين الحديثة طرق لقياس الحرارة المنبعثة من رجل يعيش فى حظيرة كبيرة ، وفى درجة من النعيم أكبر بكثير جدا مما تمتع به خنزير غينيا الذى استخدمه لافوازييه ، وكذلك قيس العمل الذى يؤديه شخص ما ممتط دراجة ثابتة وهو يحرك البدالات بقدميه . وقورنت الطاقة التى بذلت أثناء عدد معين من الساعات فى مثل هذا النشاط بالتغيرات الكيماوية التى تحدث داخل جسمه . وتدل النتائج على ما يلى :

( أ ) الطاقة المبذولة فى العمل العضلى ، (ب) الحرارة الناتجة ، و(ج) الطاقة التى أطلق سراحها بواسطة التغيرات الكيماوية داخل الجسم ، تتكافأ كلها مع بعضها البعض ، وبمعنى آخر لقد تحقق مبدأ الطاقة فى حالة الشخص الحى .

وعلى ذلك فقد حدث أن قيست التغيرات الكيماوية ، والتغيرات الحرارية ، وتغيرات الطاقة الخاصة بالكائن الحى ، ووجد أن نفس قوانين تغير الطاقة والحرارة ، ونفس قوانين الاتحاد الكيماوى تنطبق على المادة الحية وغير الحية سواء بسواء . وأدت مثل هذه النتائج الى دراسة الكائن الحى كما لو كان مجرد آلة شديدة التعقيد . وبتمسك رجال العلم بوجهة النظر هذه فترة ما وتجاهل جميع المظاهر الأخرى ، تمكنوا من الوصول الى نتائج كان من المستحيل الوصول اليها لو اعتبر الكائن الحى ككل ، على الرغم مما به من تعقيدات تثير الحيرة .

### ٣ - الخلية

لقد رأينا كيف جدت دراسات عديدة فى القرن السابع عشر بالاستعانة بعدسة مفردة . ولقد لوحظ أن مواد كالفلين تتكون من خلايا

---

( ١ ) لوحظت بعض التغيرات الكيماوية التى تجرى أثناء عملية هضم الطعام بواسطة باحث سابق يدعى ريومير ( ١٦٨٥ - ١٧٥٧ ) . بعد ان استخرج ريومير العصارة المعدية من معدة طائر وجد أنها تذيب المواد الغذائية التى يحتفظ بها فى درجة حرارة الجسم ، مينا بذلك أن الهضم يتضمن تغيرا كيماويا . وكان المفروض سابقا أن العمل الرئيسى للمعدة هو خض الطعام . ويشتهر اسم ريومير بترمومتره ذى النمانين درجة الذى مازال يستعمل على نطاق واسع فى القارة .



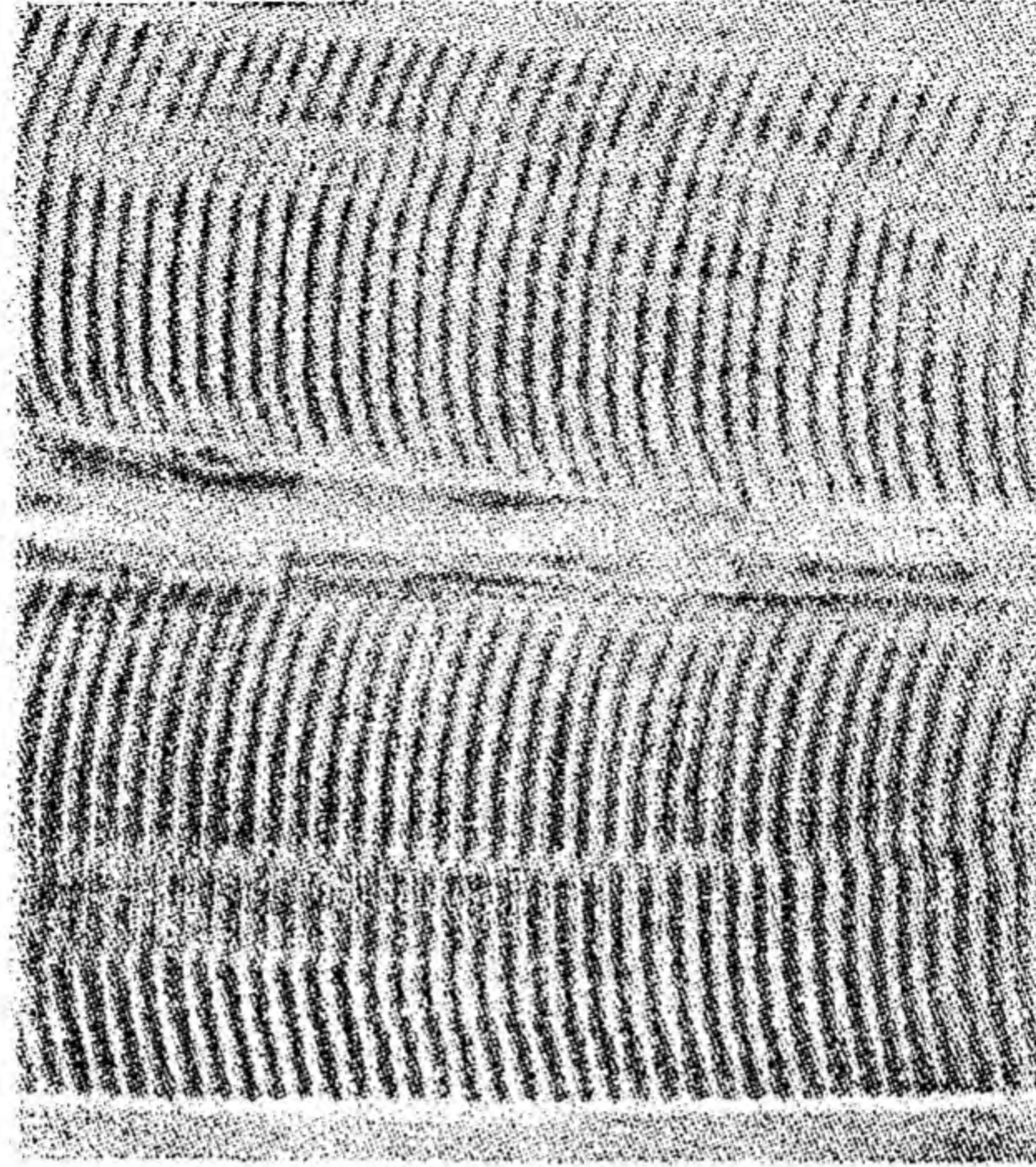
دقيقة مثل شمع العسل . وسرعان ما تعرف الانسان على وجود مثل تلك الخلايا فى كثير من المواد النباتية الأخرى . وبالقرب من نهاية القرن الثانى عشر ، لوحظ أن مواد الأجسام الحيوانية لها تركيب يظهر تحت المجهر كأنه قماش منسوج ( لوحة ٢٥ ) . ومن هنا نشأ لفظ نسيج للدلالة على المادة التى تتكون منها أجزاء جسم الحيوان ، مثل العضلات ، والأعصاب ، والعظام ، والجلد .

وقد أعطت المجاهر المزدوجة الأولى صوراً محرفة مطموسة بواسطة أهذاب ملونة . ولذلك فضل رجال الأرصاد فى ذلك الوقت استعمال عدسات مكبرة مفردة فقط . ومع ذلك بين المزيد من الدراسات التى تمت فى أوائل القرن التاسع عشر أنه بواسطة الجمع بين عدسات مصنوعة من أنواع مختلفة من الزجاج يمكن تلافى الصور المحرفة والملونة . وقد سمح التقدم فى صناعة الزجاج لرجال الفيزياء بالحصول على نوع العدسات المطلوبة . وعلى ذلك فإن المعلومات التى تجمعت من مصادر مختلفة بالإضافة الى التقدم الفنى ، يسرت إيجاد الآلة الصحيحة للعمل الذى نحن بصددده .

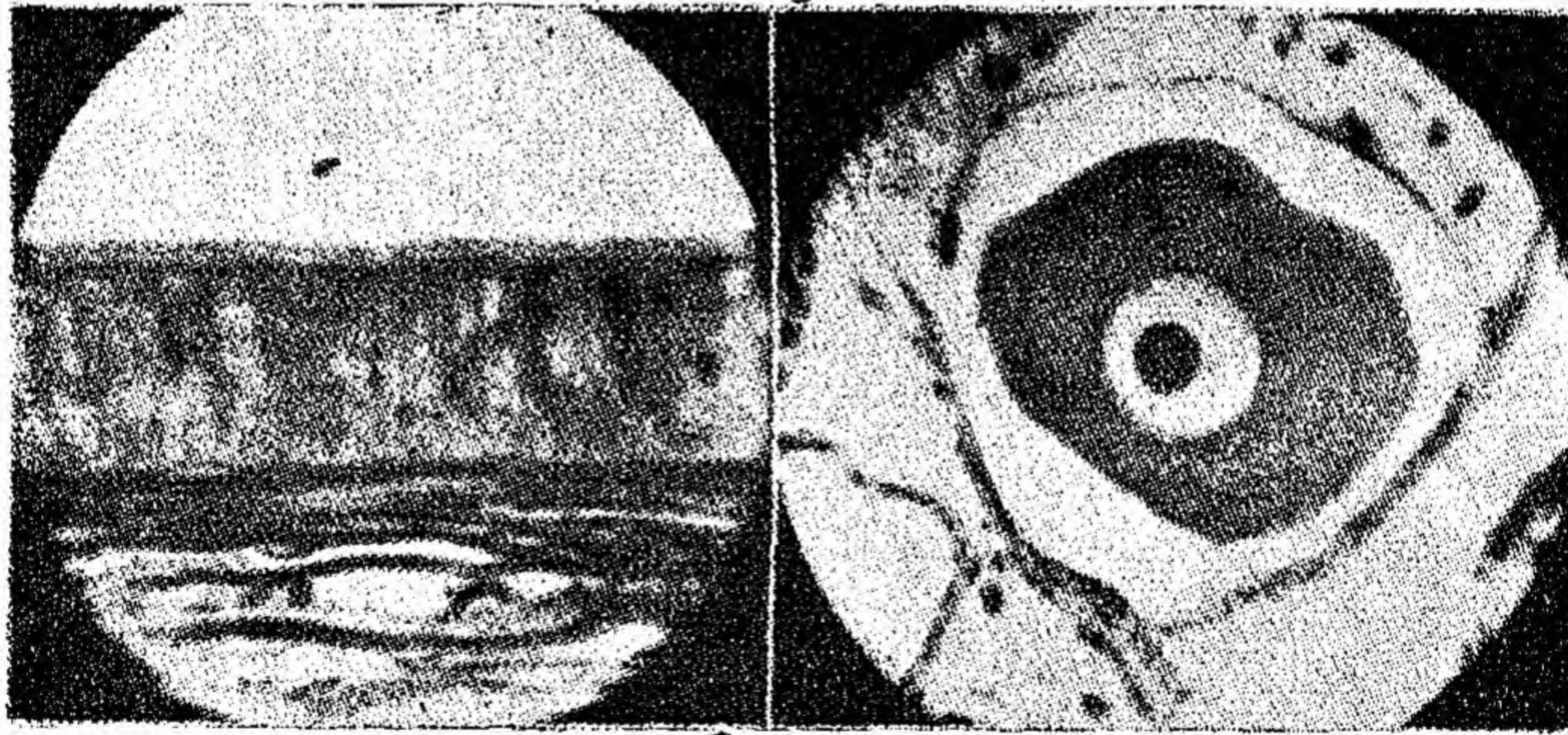
ويمكن المجهر المزدوج مع التحسينات التى أدخلت عليه الناس من النظر فى داخل الأنسجة الى الخلايا ذاتها التى تتكون منها ( لوحة ٢٥ ) وقد لوحظ أن الخلايا الحيوانية أجسام صغيرة منفصلة بغير حواجز بين بعضها البعض . ولذلك فعلى الرغم من احتفاظنا بكلمة خلية إلا أنها ليست تعبيراً مناسباً . وقد أثبتت أبحاث أخرى أن كل خلية تحيا حياتها الخاصة . وعلى ذلك فقد أصبح ينظر الى كائن حى مثل الانسان أو الشجرة يتكون من ملايين من الخلايا كمكان ذى عدد سكان هائل تلعب فيه الأفراد أدوارهم الخاصة ، ولكنه فى النهاية تابع للمجتمع الذى يعيش فيه ككل .

ولوحظ اختلاف فى الكائنات الحية اختلافاً كبيراً فى درجة تعقيدها ، وقد ظهر هذا بوضوح من وسائل نموها . وعلى ذلك فقد لوحظ أن كائناً حياً بسيطاً مثل نبات الخميرة ينمو بمجرد التكاثر ، اذ تتبرعم الخلية مكونة خلايا أخرى . ولوحظ من جهة أخرى أن الكتكتوت الصغير ينمو بطريقة تخصص شديدة التعقيد : تكون بعض الخلايا أنسجة الرئتين ، وتكون الأخرى الريش ، وهكذا . وأثبتت دراسات نمو الحياة من أقدم مراحلها أن الحيوانات العليا ، وكذلك الطيور والزواحف تبدأ حياتها كخلية بيض ملقحة ( لوحة ٢٥ ) . وأعطى هذا الكشف اسماً جديداً لدراسة الأشياء الحية ، وكشف عن وحدة فى





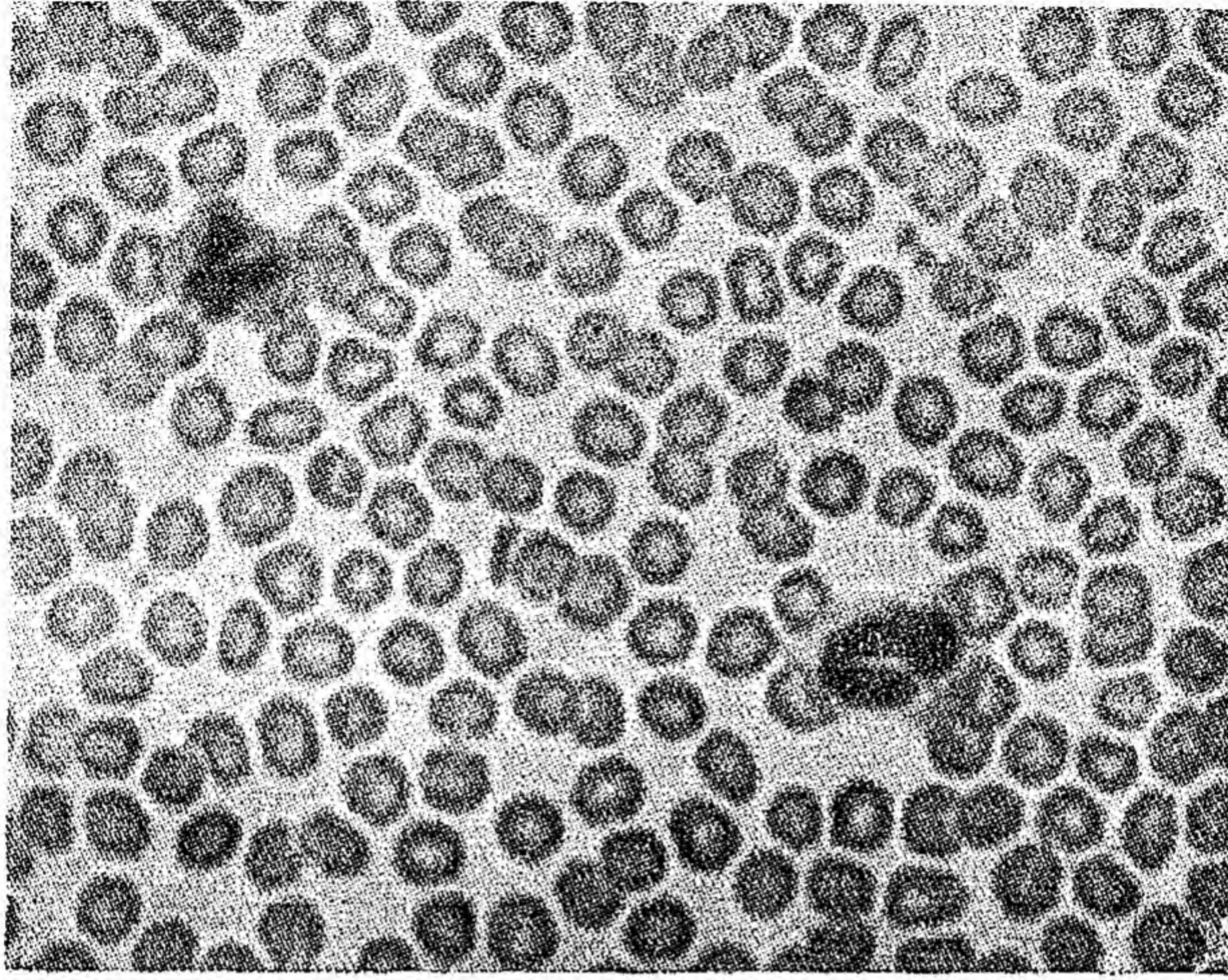
شريجة لعضلة انسانية تحت المجهر  
تبين كيف تتكون من انسجة



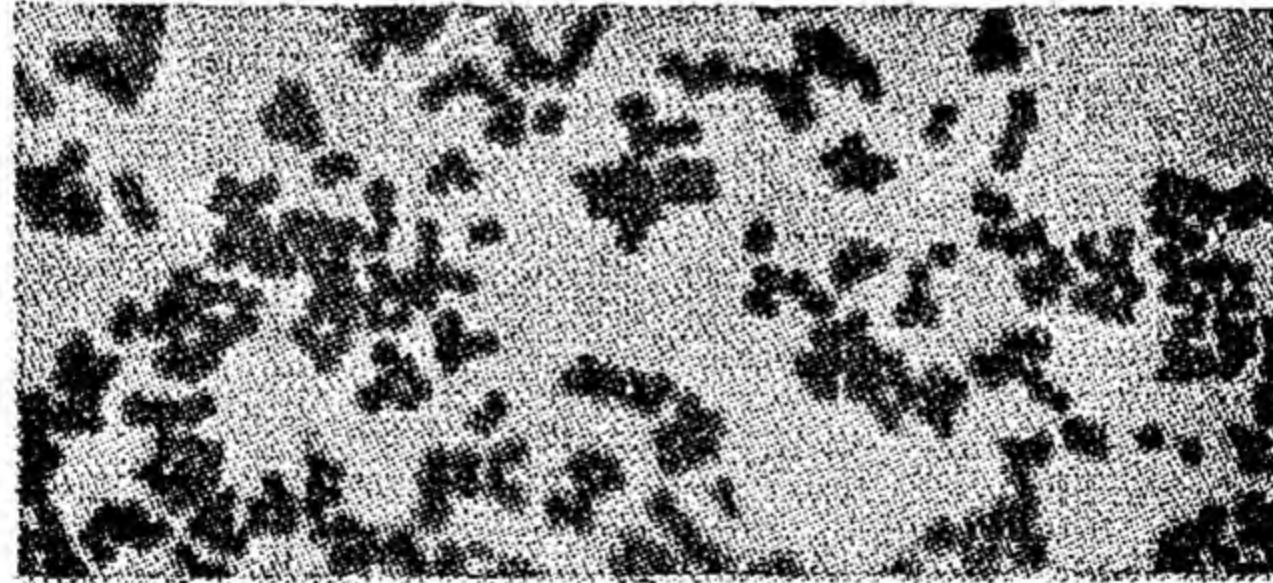
شريجة لجلد دودة ارضية تحت المجهر مكبرة  
بدرجة كبيرة يبين الجزء الاسفل من الشكل  
انسجة العضلة

الخلية البيضاء لقوقع  
الخلية معدة تقريبا للأخصاب  
وترى النواة بوضوح





خلايا دم الانسان مكبرة بدرجة كبيرة  
 الخلايا نوعان : حمراء وبيضاء . وليست للخلايا الحمراء التي توجد في الصورة بكثرة  
 نواة ، أما الخلايا البيضاء التي تظهر منها اثنان فلها نواة محددة ، وهي أكبر من الخلايا  
 الحمراء . وتستخدم الخلايا الحمراء في حمل الأكسجين ، أما الخلايا البيضاء فتؤدي مهام  
 عديدة من بينها محاربة الكائنات الحية الدقيقة التي تسبب المرض .



البكتير العنقودي ( السبحي )  
 نوع من الكائنات الحية الدقيقة يسبب عدوى مثل فرخ الجمرة



الطبيعة لم يحلم بها انسان قط من قبل ، ومكن حياة الانسان نفسه من أن تدرس من وجهة نظر النمو الخلوى .

وقد تقدمت دراسة الخلايا النباتية والحيوانية بفضل كثير من الباحثين خلال النصف الأول من القرن التاسع عشر . وسنذكر اسمى رائدين فقط من هؤلاء الرواد ، وهما العالم النباتى الانجليزى روبرت براون ( ١٧٧٣ - ١٨٥٨ ) وعالم الأحياء الألمانى ج. ا. بيركنج ( ١٧٨١ - ١٨٦١ ) . لقد فحص براون أنواعا كثيرة من خلايا النبات ، كما وصف جسما فى باطن الخلية ، هو النواة ، وكذلك وصف خلايا الأنسجة الرئيسية لجسم الحيوان . وأدرك ان الخلايا الجديدة تنتج بواسطة انقسام الخلايا الموجودة ، ولاحظ ان الخلايا النباتية والحيوانية لها تركيبات متشابهة كما يتضح من الفحص المجهرى . ولم تلق دراسات بيركنج اعترافا فوريا بسبب بعض الأفكار الخيالية المهمة التى تقدم بها الباحثون الآخرون . ومع ذلك فبعد منتصف القرن بقليل أصبحت الأفكار أكثر اتضاحا . وأصبح رجال العلم فى بلاد كثيرة يدركون ان الأجزاء الهامة فى الخلية النباتية أو الحيوانية هى النواة والمادة المحيطة بها . وأصبح السائل السائل ، بما فيه محتويات الخلية وكل من النواة والمادة المحيطة بها ، يعرف بالبروتوبلازم ( الصورة الأولى ) ولوحظ أنه يتحد فى جوهر تركيبه ووظائفه فى كل من بناء الخلايا الحيوانية والنباتية . وقد أصبح البروتوبلازم يعتبر الأساس الطبيعى للحياة .

وكان من النتائج العاجلة لتطبيق هذه المعلومات الجديدة عن الخلايا إنشاء قسم طبى خاص ، ألا وهو قسم الأنسجة المرضية . وكان الفضل الأكبر فى هذا راجعا الى العمل الرائد للطبيب رودلف فيرخاو ( ١٨٢١ - ١٩٠٢ ) من برلين . فحص فيرخاو بناء خلايا الأنسجة السليمة والمرضية ، وفتح بذلك الطريق لدراسة دقيقة لنموات الخلايا غير العادية المعروفة بالسرطان ، وتقوم أبحاث نشطة فى مثل تلك الأمراض فى جميع مراكز الدراسات الاحصائية والطبية الحديثة .

وقد تميزت الدراسات التى ذكرناها حتى الآن بازدياد مستمر فى مجال الفحص الدقيق ، فقد تناول الفحص أولا السكان الحى ، ثم الأعضاء ، ثم الأنسجة ، الى أن وصل الى الخلية والبروتوبلازم . وفى خلال السنين الحديثة خطا هذا البحث خطوة أخرى الى الأمام ، فقد فحص الناس نواة الخلية الدقيقة نفسها . وقد تبين أن هذه النواة تتكون من اجسام دقيقة أخرى تلعب دورا عظيم الأهمية فى تقرير



الكيفية التي يشبه بها كائن حي جديد أولئك الذين نشأ منهم ،  
وتقدمت كذلك الطرق العملية تقدما كبيرا جدا لدرجة أن خلايا فردية  
فصلت عن الأنسجة الحية وظلت حية فترات طويلة . وقد أثبتت مثل  
تلك التجارب بطريقة مذهشة أن كل خلية انما هي حياة داخل كل  
حي اعظم .

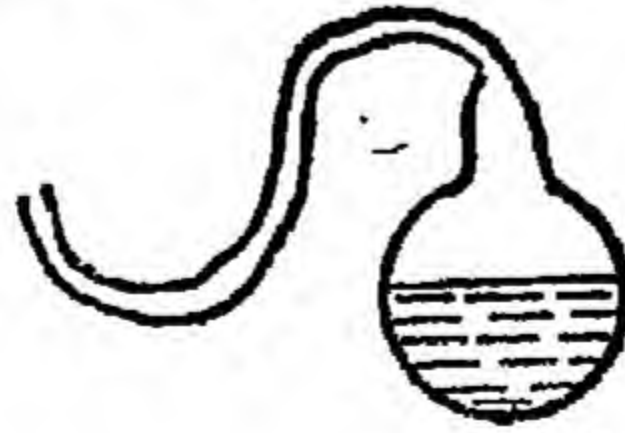
### ٤ - النظرية الجرثومية للمرض

شوهدت في أيام المجهر الأولى كائنات حية دقيقة في اللبن الحامض  
والخل واللحم المتحلل . وقد أدرجت مثل هذه الكائنات سويا تحت  
اسم البكتيريا . وانه لأمر معروف للجميع الآن أن كثيرا من الأمراض  
تنتقل بواسطة أنواع معينة من الكائنات الحية الدقيقة . وأخذت  
وجهة النظر هذه تثبت أقدامها باستمرار خلال النصف الأول من القرن  
التاسع عشر ، ولكن فحصها علميا والبرهنة عليها كان الفضل فيه  
راجعا الى ما قام به الكيميائي الفرنسي لويس باستير (١٨٢٢ - ١٨٩٢) .

كان باستير مولعا في بدء حياته العملية بالمشاكل الناشئة عن  
صناعة الخمر والبيرة الدافئة في الهواء . ومع ذلك فأحيانا كانت  
تحمض كميات كبيرة من البيرة الجديدة . ويئس صانعو البيرة في  
منطقة بأجمعها ذات مرة ، وطلبوا نصيحة باستير .

وجد باستير بفحصه الخميرة من البيرة السليمة وغير السليمة تحت  
مجهر عدة كائنات حية تختلف اختلافا تاما . واستنتج أن هذه الكائنات  
توجد دوما في الهواء ، وأن نوعا منها يتسبب في تحويل النشأ أو  
السكر الى الكحول الذي يحتاجه صانعو البيرة . وهناك كائنات أخرى  
تفرط في العملية افراطا كبيرا وتجعل البيرة غير صالحة للشرب .

واستنتج باستير أن هذه الحالات وحالات غيرها من حالات التخمر  
كحموضة اللبن وتعفن اللحم ترجع الى بكتيريا موجودة في الهواء . وقد  
أثبت هذا بتجربة بسيطة للغاية . أعد قنينة بها حساء لحم ملتوية  
( شكل ٣٨ ) ، ثم غليت القنينة غليا تاما ، وتركت بنهايتها مفتوحة .



( شكل ٣٨ )

قنينة باستير



للـهـواء . لـقـد بـقـى الحـسـاء هـكـذا اسـابـيـع دـون ان يـتـخـمـر . وـلـكـن عـنـد  
تـحـطـيـم الـانـبـوبـة مـمـا اـدـى الـى دـخـول الـهـواء مـبـاشـرة اـصـبـح الحـسـاء حـامـضـا  
بـسـرعة . وـاسـتـنـتـج بـاسـتـير ان البـكـتـريـا كـانـت قـد بـقـيـت فـيـمـا قـبـل دـاخـل  
انـتـواء الـانـبـوبـة ، حـيـث لا تـوجـد هـنـاك حـركـة هـواء تـحـمـلـها مـع التـراب الـى  
دـاخـل القـنـيـنة . وـقـد وـضـعـت هـذـة التـجـربـة أـيـضـا حـدا لـمـوضـوع حـوار  
قـديـم ، فـقـد كـان المـفـروض يـومـا ان قـطـع اللـحـم أو الخـبـز ، أو الجـبـن الـتى  
تـفسـد وتـصـير بـعـد ذـلـك مـفـطـاة بـدويـدات صـفـيرة كـانـت تـفسـد لـأن بـعض  
صـور الحـيـاة هـذه كـانـت تـنشأ بـالفـعل مـن المـادـة التـالـفة . وـمـع ذـلـك فـقـد  
بـنـت تـجـربـة بـاسـتـير بـوضـوح ان الكـائـنات الحـيـة لـم تـكـن نـاشـئة عـن المـادـة  
الحـيـة ذـاتـها . وـلـذـلـك أكـد بـجـراة ان الحـيـاة يـمـكـن ان تـنشأ مـن الحـيـاة  
فـقـط . وـقـد أكـدت جـمـيـع الأـبـحـاث الـتى تـلت ذـلـك قـولـه .

وفى سنة ١٨٦٦ استمدعى باستير الى جنوب فرنسا لمعاونة المزارعين  
المنكوبين فى مناطق انتاج الحرير ، الذين كانوا مهددين فى معيشتهم  
بمرض أصاب ديدان القز . واقتفى باستير بالاستعانة بالمجهر كائنين  
حيين دقيقين متميزين كانا يسببان المرض . لقد تتبع هذه الكائنات  
الحية خلال جميع الأطوار التى تمر بها حياة دودة القز من بيضة الى  
دودة الى يفعة الى فراشة . وبعد ان كشف بواسطة الفحص المجهرى  
عن السلالة المصابة أثبت أنه من الممكن ايقاف العدوى بالقضاء على هذه  
السلالة وأماكن توأدها .

وكان باستير قبل هذا الوقت جادا فى متابعة امراض أخرى .  
وسرعان ما استطاع القاء الضوء على ذلك المرض المميت ، مرض الجمرة  
الذى يصيب الماشية ، وينتقل أحيانا الى الانسان . واننا لنجد أن  
عمل باستير فى دراسة هذا المرض يتصل بعمل غيره من كبار الباحثين  
وعلى الأخص الباحث الالماني روبرت كوخ ( ١٨٤٣ - ١٩١٠ ) .

وكان المعروف مدة سنين أن دماء الماشية التى ماتت بالجمرة كانت  
تحتوى أجساما كالحبال أطلق عليها فيما بعد اسم الباسيلات كان من  
الممكن مشاهدتها بواسطة المجهر . ولذلك فعقب كل وباء للجمرة كانت  
تتخذ كل الاحتياطات لابقاء الماشية السليمة بعيدة عن الحقول والحظائر  
التي كانت بها الماشية المصابة . ولكن ثبت عدم كفاية مثل تلك الاحتياطات  
وعندما فحص كوخ جراثيم الجمرة تحت مجهر ، لاحظ انها تحتوى  
اجساما أخرى ( الأبواغ ) ذات مقاومة شديدة للتغير . ويمكن ان تظل  
تلك الأنواع خامدة مددا طويلة ، وبعد ذلك تنمو اذا كانت هناك ظروف  
ملائمة . وعلى ذلك فان طول بقاء مرض الجمرة فى منطقة معينة قد  
عرفت أسبابه .



والآن ظهر باستير على المسرح . لقد أخذ دما من حيوان مصاب بالجمرة ، وجعله يتكاثر فى محلول مناسب كان فى مكانه تخفيفه كيفما يشاء . وقد وجد ان النقطة منه حتى حينما خففه تخفيفا كبيرا كانت مميتة كمرض الجمرة تماما . واستنتج استنتاجا صحيحا ان العدوى التى يحملها الدم المصاب ترجع الى كائن حى كان يتكاثر باستمرار اثناء هذا التخفيف . ولذلك أكد أن الكائن نفسه هو المسئول عن المرض .

ونجح باستير بعد اجراء تجارب كثيرة فى جعل باسيلات الجمرة تنمو فى درجة حرارة اكثر ارتفاعا عن ذى قبل . وحينئذ وجد ان هذه الباسيلات قد ضعفت بدرجة كبيرة ، وانها تحدث فقط نوعا خفيفا من المرض حينما تحقق فى حيوان . وزيادة على ذلك فان هذا الحقن حمى الحيوان من اصابات اخرى . وسار العلاج نتيجة لذلك على النهج الذى سار عليه جينر فى حالات الجدري . وتكريما لسلفه العظيم اطلق باستير على الطريقة التى اتبعها التطعيم (١) .

والخدمة الكبرى التى اسداها باستير هى اقامته الدليل الواضح على انتقال العدوى بواسطة الجراثيم . واوجد معاصره كوخ طرقا خاصة للكشف عن هذه الكائنات الحية الدقيقة ، وفحصها ، والكشف عن الأحوال التى تعيش وتتكاثر فيها . ونجح بهذه الطريقة فى الكشف عن جرثومة السل ، ودراسة الكوليرا ، ومرض النوم وقد قامت كل الأبحاث الخاصة بالكائنات الحية المسببة للمرض على الطرق التى أوجدها كوخ .

#### ٥ - بعض نتائج النظرية الجرثومية

كان هناك فى منتصف القرن التاسع عشر جراح من جلاسجو يجرى أبحاثا عن أسباب التثام الجروح غير الصحى . وكان مرضاه فقراء سيئى التغذية من الأحياء الشديدة الزحام فى المدينة . وكان هذا الطبيب ج. ج. ليستر ( الذى أصبح لوردا فيما بعد ) ( ١٨٢٧ - ١٩١٢ ) رجلا اعترفت الدنيا بحق أنه كان من أعظم المحسنين فى العالم .

---

( ١ ) أجرى باسير أبحاثا أخرى مكنته من تحضير طعم لشفاء المصابين بمرض الكلب الخطير الذى ينتقل بواسطة الكلاب المصابة . وفى عام ١٨٨٨ أسس معهد باستير فى باريس لعلاج الكلب طبقا لطريقة باستير . ومنذ ذلك الوقت عولجت آلاف الحالات بنجاح . ولكن الوقاية خير من العلاج . وقد انقرض الآن المرض من انجلترا واصبح نادر الوجود جدا فى القارة ، بفضل العلاج الفورى للحالات المشتبه فيها وبفضل تكميم الكلاب .



وكان لدى ليستر بالفعل خبرة كبيرة بالجراحة ، وكان حاضرا  
اثناء اجراء بعض العمليات الاولى التى استعمل فيها الاثير ،  
والكلوروفورم (١) . وقد مكنت هذه المركبات الجراحين من تأدية عملهم  
بترو أكثر بواسطة جعل المريض مسلوب الشعور . ومع ذلك كان هناك  
دائما تخوف من جرح غير سليم أو عفن مما يتسبب غالبا فى تسمم  
دموى مميت .

وأدرك ليستر ان الالتئام غير السليم كان من شأنه أن يتسبب فى  
تعفن للأنسجة . وساعدته فى هذا المجال كتابات باستير . وقد  
عرف منها ليستر ان التعفن تسببه كائنات حية دقيقة . ولذلك حاول  
ليستر ايجاد الأبواب امام مثل تلك الكائنات الحية حتى لا تصل الى  
الجرح بواسطة : ( أ ) جعل الهواء نقياً خالياً من التراب . ( ب ) جعل  
أيدي القائمين بالعمليات هى وآلاتهم خالية من الجراثيم أو معقمة .  
واعتاد ليستر أول الأمر ان يرش الهواء والجرح بمحلول حامض الفينيك  
الذى استعمله أيضا لتعقيم الآلات وكذلك أيدي القائمين بالعملية .  
وبعد ذلك استعمل موادا ألطف وعقم آلاته بالتسخين .

وأصبحت طريقة ليستر تعرف باسم الطريقة المطهرة ، وقد  
استعملها جراحو الجيش اثناء الحرب البروسية الفرنسية . ولذلك  
أدت الى انقاذ حياة الكثيرين ، وإلى تخفيف آلام المصابين . وبعد بعض  
المعارضة استعملت طرقه فى مستشفيات إنجلترا . ومستشفيات  
القارة ، كما استعملت كذلك فى العيادات الخاصة .

ولم تكن النظافة فى الجراحة أمرا مستجدا ، اذ لوحظت أيام  
الاغريق القدماء . ولكن الجراحين فى جزائر الاغريق الصغيرة الجميلة  
كانوا يعملون فى ظروف أكثر ملاءمة من تلك الظروف التى سادت  
المناطق الصناعية فى أوائل القرن التاسع عشر . وقد حدث ان كان  
مستوى الأحوال الصحية حينما كان يعمل ليستر فى جلاسجو منخفضا  
جدا ، وكان معدل الوفاة من الجروح مرتفعا فى العادة . لقد أثارت  
حالة المصابين السيئة شجن رجل مملوء بالشفقة الانسانية والذكاء  
العلمى كذلك ، ومن ذلك نشأ العلاج . وانه لما يثير الاسى ان يتصور

---

( ١ ) كان الاثير معروفا من القرن الثالث عشر ولكنه استعمل لأول مرة للتخدير حوالى عام  
١٨٤٤ . وقد عزل الكلوروفورم لأول مرة بواسطة ليبج فى سنة ١٨٣١ اثناء أبحاثه فى تركيب  
الكحول .



الانسان ان الظروف غالبا ما تسوء بدرجة طاغية قبل أن يصل  
المخلص (١) .

## ٦ - الحرب المستمرة ضد المرض

لعبت التحسينات التي أدخلت في علم الصحة في المائة سنة الأخيرة دورا عظيم الأهمية في تطور ثورتنا الصناعية الحديثة من ناحية كونها تستلزم تجمع السكان سويا في مدن كبيرة . ان الطرق الأفضل التي اتبعت في المحافظة على الصحة ، وتجفيف المستنقعات ، وامتداد الناس بالماء النقي ، وبناء مساكن أفضل ، تلك الخطوات التي بدأت في أوربا الغربية بالفعل في النصف الثاني للقرن الثامن عشر نتج عنها انخفاض مستمر في معدل الوفاة ، وفي الاختفاء التام لبعض الأمراض . فمثلا كانت الملاريا التي كانت تعرف سابقا باسم « حمى البرداء » والتي ذكرها شكسبير كثيرا في شعره منتشرة حتى في لندن الى منتصف القرن التاسع عشر . ولكن حالات المرض أصبحت أقل بكثير بعد تجفيف وادي التايمز الذي كان له اثر فعال . وأصبح المستوى الصحي في القرن التاسع عشر أعلى بكثير في معظم أنحاء أوربا وأمريكا الشمالية . وكان الفضل الأكبر في هذا يرجع الى ارتفاع مستوى التعليم الذي أمكن بواسطته تطبيق نتائج ما اكتسبه الناس من الخبرة في إيجاد نظام منسق مستنير من الحياة بين الغالبية العظمى من السكان . ومنذ ذلك الوقت فإن الملاريا ، والطاعون ، والتيفوس ، والدوسنتاريا ، وهي أمراض كانت يوما ما موجودة في جميع أنحاء العالم ، لا تحدث الآن الا نادرا في بلاد المناطق المعتدلة .

ومع ذلك ففي المنطقة الاستوائية ما زالت تلك الأمراض تقتضي من الحياة ضرائب باهظة ، وجعلت في وقت من الأوقات كثيرا من المناطق غير صالحة لسكنى الرجل الأبيض . وكان النجاح الذي صادف الانسان في كبح جماح هذه الأمراض وغيرها انتصارا للدراسة العلمية . فمثلا ، بذل الباحثون جهودا مشتركة في تتبع سير الملاريا ، ووجدوا أنها ترجع الى كائن حي دقيق يعيش في نوع معين من البعوض . وقد

---

(١) قبل أن يأتي ليستر بطريقته بوضع سنين كان هناك طبيب هنغاري يدعى سيميلوس ( ١٨١٨ - ١٨٦٥ ) يعمل في مستشفيات الولادة في فيينا هاله عدد الموتى بين الامهات المسكينات ، واكتشف أن السبب هو التدخل غير المحدود من الأطباء الملازمين الذين لا يغسلون أيديهم . ولذلك أصر سيميلوس على استعمال وسائل مطهرة ، وكان من نتيجة ذلك أن توقفت نسبة الوفاة العالية .



اثبتت الدراسات المجهرية الدقيقة ان هذا الكائن يدخل مرحلة من مراحل النمو فى البعوضة ، وان عضه من البعوضة تنقل هذا الكائن الى دم الانسان ، وهناك يدخل مرحلة نمو أخرى محدثا بذلك اعراض الملاريا . وعلى ذلك فان الكائن يعيش فى البعوضة والرجل ، ويمكن لكل منهما ان ينقل العدوى للآخر . ولذلك رؤى ان محاربة المرض تلخص فى وقاية الأفراد من لسعات البعوض ، والقضاء على أمكنة توالده بتجفيف الأرض ، واقتلاع الأدغال ، وتنظيم فيضانات الأنهار قدر المستطاع . ولاقت مثل تلك الاجراءات نجاحا تاما فى بنساما ، ومكنت المهندسين من انشاء القناة المشهورة . وكذلك توقفت الحمى الصفراء فى كثير من أنحاء العالم . والحمى الصفراء التى يحملها البعوض مرض أكثر اماتة من الملاريا . ومن شأن السيطرة التامة على هذه الأمراض اضافة مساحات شاسعة أخرى الى الرقعة المنزرعة ، وجعل الحياة فى المنطقة الاستوائية أقل تعرضا للأخطار .

وأنها حقيقة مشهورة ان بعض الناس يسعدهم الحظ فيهربون من المرض حتى ولو تعرضوا للعدوى . انهم يقولون ان لديهم مناعة ، وبدراسة مثل هذه المناعة ، وبالدراصة التفصيلية للطرق التى قد تسبب مناعة للأفراد تقدم العلم بخطى واسعة خلال الخمسين سنة الأخيرة . وقد ربط العلم نفسه فى هذا المجال بما تقوم به السلطات المشرفة على الصحة العامة ، ووقى الناس من أمراض كثيرة .

وبدأت دراسة المناعة بعمل جينر فى القرن الثامن عشر . ولكن الفضل يرجع بالفعل الى باستير وكوخ فى ارجاع كثير من الأمراض الى الكائنات الحية . ولقد رأينا كيف أن باستير وجد أنه من الممكن زراعة بعض الكائنات الحية المسببة للأمراض ، وبذلك يمكن جعلها أقل اماتة . وقد أبان أيضا أنه حينما تحقق مثل هذه الجراثيم الضعيفة المزروعة فى حيوان ، فانها تكسب هذا الحيوان مناعة ضد اصابات أخرى بالمرض . وقد أبان تلامذة باستير ان المرض المعروف بالدفتريا يرجع الى سموم ، أو توكسينات ، ناشئة عن كائن حى يعيش فى حلق المرض . ووجدوا ان الجسم يحدث رد فعل بانتاج مادة لها مفعول مضاد تسميها مضاد التوكسين . وقد هيا تحضير مضادات التوكسينات هذه فى المعمل للأطباء الوسيلة لعلاج الدفتريا ، ولاعطاء مناعة ضد الإصابة بها .

ومن الممتع لنا ان نلاحظ كيف ان طرق باستير وكوخ قد اتبعت بحذافيرها فى أنحاء كثيرة من العالم . وعلى ذلك فان تلميذا روسيا



لإستير كان يعمل موظفا فى الحكومة البريطانية للهند وجد وسيلة لجعل الناس يكتسبون مناعة ضد الطاعون الذى كان يتهددهم ، ونجح تلميذ يابانى لكوخ فى تحضير ( زرعة ) تحدث مناعة للكائنات البشرية ضد التيتانوس المميت . وأصبح هذا العلاج أمرا رتيبيا بالنسبة لجرحى الحرب العالمية ، وبذلك أنقذ حياة أناس لا حصر لهم . وقد ابتكرت طرق الوقاية ضد حمى التيفود بواسطة أحد الباحثين فى باريس . وقد تضمنت مثل هذه الطرق جميعها دراسة مفصلة للكائن الحى وآثاره فى الجسم البشرى ، مع اتقان للطرق العملية التى تستعمل فى اختيار المرض وإيقاف تقدمه وتحضير مواد تحصين مناسبة .

وهكذا قام النجاح الذى حوربت به كثير من الأمراض على الأبحاث العملية فى الكائنات الحية نفسها المسببة للأمراض . ولكن مازال هناك الكثير من الأعمال التى يقتضى الأمر القيام بها . وعلى الرغم من تعرف كوخ على الكائن الحى ، أو بإسبيل السل فى تاريخ يرجع الى ١٨٨٠ ، فقد فشلت الجهود التى بذلت لعلاج هذا المرض الى الآن بواسطة مضادات التوكسين ، أو بواسطة غيرها من الطرق المباشرة ، وتدل الإحصاءات ان معدل الوفيات من السل أقل بدرجة كبيرة فى جميع انحاء أوربا الغربية والوسطى عما كانت عليه منذ خمسين عاما . وهذه النتيجة الطيبة يجب أن تنسب الى التحسينات العامة فى علم الصحة والى ارتفاع مستوى المعيشة الذى نتج عنه اسكان أفضل ، وتغذية أفضل . ومع ذلك فان السل مازال هو وباء الرجل الأبيض . وحيث انه يصيب الناس فى شبابهم المبكر ، وفى طفولتهم ، فان إيجاد وسائل أفضل للسيطرة عليه تكون لها نتائج بعيدة المدى فى جميع البلاد .

ومن المهم أن نتذكر كيف أن العمل العلمى فى جميع المجالات يزداد ترابطا بعضه ببعض بمرور الزمن . فمثلا استطاع رجال الكيمياء العضوية بتفكيرهم فى حل لفز الجزيئات تكوين عدة صبغات . وقد وجد أن لهذه صلة خاصة بأنواع معينة من الخلايا ، وأنواع معينة من الكائنات الحية . ومكن هذا الكشف كوخ من عزل جراثيم السل والكوليرا . وتلوين الكائن الحى بهذه الصبغة جعله يتميز تميزا واضحا عن السائل الذى عاش فيه طويلا . ولم تمكن الصبغات الباحثين فحسب من رؤية الكائنات الحية ، ولكن صبغات معينة ، ومركبات أخرى استعملت للقضاء على الكائنات الحية الغازية دون إلحاق ضرر بالكائن الذى دخلت الى جسمه . وبهذه الطريقة ، وبعد محاولات كثيرة اكتشفت مركبات اذا حقنت فى



جسم الانسان قضت على الكائنات الحية التى تتسبب فى بعض الأمراض المخيفة .

ولقد عثرنا على كثير من الأمثلة كان القياس الدقيق فيها ذا أهمية لا تقدر فى تقدم العلم . وقد مهدت وسائل القياس التى استخدمت لتقدير ما يقوم به جسم الانسان من أعمال الطريق لعلاج كثير من الأمراض ونضرب مثلاً لذلك استعمال الأنسولين لعلاج مرض السكر . وقد اعتمدت طريقة العلاج على التحليل الدقيق لكمية السكر فى الدم . ووجد أن هذه الكمية من السكر تتوقف على العمليات التى تجرى فى العضو المعروف باسم البنكرياس . وقد أصبح فى حيز الامكان محاربة كثير من أنواع مرض السكر بين الكائنات البشرية بإعطاء المريض جرعة مستخلصة من خلايا بنكرياس الحيوانات .

واقد طبقت طرق القياس فى المسائل الخاصة بالتغذية ، وادت الى الامام بتلك المواد الغذائية التكميلية التى تسمى فيتامينات ، والتى نقرأ عنها كثيراً جداً فى صحفنا اليومية . ولقد أبان الجراح البحرى لايند فى القرن الثامن عشر أن الصحة تعتمد على كميات صغيرة من أنواع معينة من الطعام . وقامت استنتاجات لايند على تجارب محددة . لقد عمل ترتيبه على وجوب اعطاء بعض المرضى المصابين بالأسقربوط برتقالاً وليمونا ضمن غذائهم ، أما الآخرون فلا ، ولكن يجب أن تكون الأحوال فيما عدا ذلك متشابهة ما أمكن . وقد اقتنع لايند بمثل هذه الطريقة من طرق الرقابة أن عصر الفواكه ذو اثر قوى فى الوقاية من الأسقربوط . وفى أيامنا الحديثة أدت التجارب المحددة التى تشمل مدى واسعا جداً والتى تتم فى أحوال تتسم بدقة لا تتيسر الا فى المعمل فقط الى التعرف على الفيتامينات الجوهرية للصحة . وقد عزلت بعض هذه الفيتامينات وتحدد تركيبها .

وفى خلال الخمسين سنة الأخيرة أيضاً استعملت طرق القياس فى تفسير الاحصاءات الطبية . ولقد رأينا كيف أن مجرد الاحتفاظ بسجلات للمواليد والوفيات والاصابات المرضية قد ساعد على ضمان تكوين مجتمع صحى . ومن المحتمل أن يساعد الفحص الرياضى للاحصاءات وعلى الأخص احصاءات الأمراض الوبائية على تفهم بعض المشاكل المتعلقة بانتشار المرض . وعلى الرغم من محاربة كثير من الأمراض ، وعلى الرغم من أن الناس فى البلاد المعتدلة قد طال عمرهم ، ويتمتعون بصحة أفضل عن ذى قبل ، الا ان الطبيب غالباً ما يجد نفسه لا حول له ولا قوة حينما تواجهه آلام البشر . والحق ان الانجازات الحديثة فى الطب كغيرها فى فروع أخرى من المعرفة تبين لنا أن هناك آفاقاً واسعة باقية الى الآن مازالت فى حاجة لأن ترتاد .



## الفصل الثاني عشر

### مفهوم ..

## النشوء والارتقاء

### ١ - الحياة في العصور الغابرة

بينما كان باستير يتابع في هدوء أبحاثه الأولى في حموضة الخمر، وفي الأمراض التي تصيب دود القز كان رجال العلم في العالم في حمى من الهياج ناتجة عن نشر شارلز دارون (١٨٠٩-١٨٨٢) كتابه في أصل الأنواع عام ١٨٥٩ . لقد كانت الأفكار الجديدة قد أخذت تتجمع من سنين، وأخذت تشتغل بال كثير من الناس قبل أن تظهر النظرية على بساط النقاش العام . ولقد بدأت المتاعب عندئذ ، وأخذ أولئك الناس الذين ليس لديهم أبسط فكرة عن طبيعة البحث العلمي يستنفدون عواطفهم عبثا في استنكار النظرية دون أن تكون لديهم أى فكرة اطلاقا عن معناها .

وقد نشأت الأفكار الجديدة نتيجة دراسات كثيرة من كائنات حية ، قامت بدرجة كبيرة على ما تم من كشف-عن الحياة في العصور الغابرة . لقد أخذ خيال الناس يسرح أجيالا مذبذبة دون ضابط- فيما يختص بنشأة الأرض وما عليها ، وفيما يختص بتاريخها القديم . ومع ذلك فانهم لم يبدأوا في الدراسة المنظمة وتجميع الأدلة حتى السنين الختامية للقرن الثامن عشر . وقد كشفت بعد ذلك الاستنتاجات التي تميزت بالألمعية عمر الأرض العظيم المدى أولا ، ثم شيئا عن تاريخها ، ثم حقائق عن سكانها السابقين .

وأبانت الدراسات التي أجريت في الصخور والمحاجر أن الأرض تتكون أحيانا من سلسلة طبقات مستوية تعلو بعضها بعضا وأحيانا - كما في الجهات الجبلية خاصة - من طبقات غير مستوية تبدو كأنها مدفوعة من أسفل الى أعلى . وتكون الطبقات المستوية ما نسميه بالصخور الرسوبية التي وصفت وصفا منظما لأول مرة بواسطة عالم مساحة انجليزى ظهر في أواخر القرن الثامن عشر ، ألا وهو وليام سميث (١٧٦٩-١٨٣٩) . الذي يعرف أحيانا باسم « أب الجولوجية الانجليزية » . وقد جاب سميث أرجاء



البلاد كثيرا ، وكان يلاحظ أن طبقات الصخور الرسوبية كانت تتبع نفس النظام . ولاحظ أنها لا تتميز فقط بالمادة التي تتكون منها كالحجر الطباشيري أو الحجر الرملي ، ولكنها أيضا تتميز بوجود بقايا من الحياة النباتية والحيوانية ، وهذه البقايا هي ما نعرفها باسم الحفريات . وحينما كانت تستخرج قطع صغيرة من الصخر مطبوع عليها رسوم السرخس ، أو المحار وقتا ما أثناء الحفائر ، كان الناس يظنون أنها مجرد تحف . ولكن بعد أن تبين أنها تنتمي الى طبقات صخر منتظمة اتضح للناس على مهل أنه لابد أن يكون للحفائر معنى أعمق .

وفي أثناء ذلك وضعت الدراسات التي قام بها باحثون سابقون من أمثال جيمس هتون ( ١٧٢٦ - ١٧٩٧ ) الأسس لنظريات بناءة - ١ - وكان هتون متيقنا أن التقديرات التي تحدث بتآكل الأرض بواسطة الأنهار ، وبتكوين أرض جديدة بواسطة تراكم رواسب جديدة كانت تدل على أن الصخور الحالية التي يتكون منها سطح الأرض قد تكونت جزئيا من صخور أقدم منها ، وأن الأرض مازالت تتخذ أشكالا جديدة - ٢ - . وأدرك هو واتباعه أن الطبقات السفلى من الصخور الرسوبية لابد أنها تكونت قبل الطبقات التي تعلوها . ونتيجة لذلك تكون الطبقات السفلى أقدم ، وتكون الطبقات مرتبة حسب أعمارها . ولكن هذه الطبقات وجد أنها تحتوى حفريات ، ولذلك تيسرت الوسيلة لمعرفة أية حفريات كانت أقدم من الأخرى .

وفي أوائل القرن التاسع عشر يسرت دراسة الحفريات دراسة أدق حلولا كثيرة لما انطوى عليه الماضي من مسائل استعصت على الأفهام . لقد وجدت حفريات الكائنات البحرية في أماكن عالية بين التلال ، ووجدت بقايا الكائنات المحبة للماء مدفونة تحت رمال الصحراء . وكانت مثل تلك الحقائق تشير الى حدوث تغيرات عظيمة في الكتل الأرضية والبحرية قبل تدوين التاريخ بأحقاب سحيقة . وكذلك فقد اشارت بقايا حيوانات الرنة والدببة التي وجدت في المناطق المعتدلة من أوروبا الى جو أبرد بكثير ساد هذه الأصقاع ذات مرة . وبما أنه من المعروف أن درجة حرارة الشتاء

---

(١) من أمثلة ذلك الرسالة التي قدمت للجمعية الملكية في أدنبره عام ١٧٨٥ وعنوانها : نظرية الأرض أو بحث القوانين المشاهدة في تكوين وانحلال ، واستعادة الأرض على سطح الكرة الأرضية .

(٢) أن أجازة يفضيها الانسان متجولا حول اجزاء من الساحل الانجلنزي لكافية لاقناع كل ذي عينين أن يرى البحر في بعض النواحي يجرف الأرض بسرعة مزعجة وانه في نواحي أخرى تبني الرواسب البحرية والنهرية المزبد من الأرض باستمرار . فمثلا يكتسح ماء البحر الساحل بالقرب من لوستوفت أما الأرض بجوار دينجينيس فانها تمتد تدريجا داخل البحر .



والصيف تختلف في حدود ثابتة نوعا ، فقد استنتج بحق ان المناخ البارد كان ينتمى لحقبة سحيقة ، وأنه لا بد أن تكون الأرض أطول عمرا مما ظنه الناس يوما ما . وقد بذلت محاولات عديدة لحساب عمر الأرض من السرعة التي تكونت بها الطبقات الجديدة . وكانت كل التقديرات التي نتجت عن هذا كبيرة جدا - ١ - .

وأخذ الناس تدريجيا يفكرون في الأمور على أساس مقاييس زمنية واسعة المدى ، وأصبحوا مستعدين لتفسيرات أخرى للحفريات . وعلى ذلك فعند فحصهم لأقدم أنواع الصخور لم يجدوا أثرا لأية كائنات ذات عمود فقرى . ووجدوا حفريات زواحف في الصخور الأقل عمرا ، ولم يجدوا حفريات تدل على تكوينات تشبه تكوين الحيوانات الشديدة المعروفة الا في الصخور الجديدة نسبيا . وقد أبان هذا بوضوح أنه أتى على الأرض حين من الدهر لم تكن هناك فيه كائنات فقارية كالطيور ، أو الأسماك ، أو الحيوانات ذات الفراء ، أو الناس .

وقد كشفت دراسات مضمينة عن سلسلة كاملة من الصخور الرسوبية، كل طبقة بحفرياتها الخاصة . وعندما فحصت هذه رؤى أنها تدل على تطور منظم ، ووجد أن حفريات الطبقات الأكبر عمرا أبسط من حفريات الطبقة التي تعلوها . ودلت أوجه التشابه الوثيقة بين الحفريات على أنها لنفس الكائن . وقد تغيرت هذه الصور ببطء خلال أجيال لا حصر لها أثناء أحقاب طويلة من الزمن . وكانت في كل مرحلة تصبح أكثر تعقيدا بقليل .

ولقد لخصت المعلومات التي وجدت عندئذ عن تاريخ الأرض وعن تاريخ سكانها في العصور الماضية في مؤلف قيم لتشارلز ليل (١٧٩٧ - ١٨٧٥) عنوانه مبادئ الجولوجية نشر عام ١٨٣٠ . وقد طبع هذا الكتاب عدة طبعات ، وكان له أثر عظيم في كل من إنجلترا والقارة . لقد شرح ليل

---

(١) أن أحسن دليل لدينا الى الآن هو الدليل المستقى من الصخور المحتوية على مواد اشعاعية ، اذ أن العناصر المشعة مثل الراديوم ، واليورانيوم ، تقذف باستمرار بجسيمات، وتتحول الى شيء آخر بهذه العملية . وآخر نتاج لهذه المواد جميعها هو الرصاص . وذرات الرصاص ثابتة ولا تنفلق بعد ذلك . وفي استطاعة علماء الفيزياء في المعمل وزن الرصاص الناتج عن وزن معين من اليورانيوم في وقت معين . اذن فلو وجدت نسبة الرصاص في معدن محتوي على يورانيوم بالتحليل الكيماوي مع افتراضنا أن معدل التغير واحد خلال العصور كلها ، ففي امكاننا تقدير طول الوقت الذي يكون فيه هذا الرصاص ، وتقدير عمر المعدن على الأقل تبعا لذلك . وقد قدر عمر بعض الصخور بمقدار ١٢٠٠ مليون سنة على الأقل .



طرق علماء الطبيعة الفرنسيين العظام ٠ - ١ - الذين فحصوا أنواعا كثيرة من الحفريات بدقة بلغت درجة أدت بهم ، كما قال ، الى أن يفكروا أن الأرض كانت في عصور متتالية موطن نباتات وحيوانات ذات أجناس مختلفة ٠ وقد أبان ليل أنه باطلاق نفس الاسم على حيوانات الحفريات وضرائبها الحية ، أصبح الناس متقبلين لوحددة الطبيعة في العصور المختلفة ٠ وقد اعتبر هو نفسه أن الحفريات تمدنا بموجز لتاريخ العالم يمكن قراءته كسجل في كتاب ٠ وقال ان المذكرات القديمة للطبيعة قد كتبت بلغة حية ٠

وكان خيال رجال الفكر قبل ذلك قد صار أكثر نشاطا ٠ وأدرك كثير من معاصري ليل بشكل غير متضح فكرة تسلسل الحياة بشكل متصل خلال العصور ٠ حان الوقت حينذاك للتعبير عن هذه الفكرة بالتعليم العظيم الذي قدمته نظرية النشوء والارتقاء ٠

## ٢ - مفهوم التطور

هناك اتفاق عام بين رجال الفكر اليوم على أن الكائنات الحية التي نراها حولنا نشأت من أجداد أبسط منها ، وأن أشجارنا ونباتاتنا العادية أيضا نشأت بدورها من أنواع أبسط منها بعملية تغير تدريجي ٠ وبمعنى آخر هناك إيمان بما يسمى تطور ٠ وبما أنه لا يمكن أن يكون هناك شك في التطور لدى أى أنسان يكلف نفسه مشقة التفكير الا أن هناك قدرا كبيرا من الشك في كيفية حدوث مثل هذا التطور ، وكيف مازال يأخذ مجراه ٠ دعنا أولا نلقى نظرة سريعة على بعض الأدلة التي تشير الى حقيقة التطور ٠

لننظر أولا الى الصخور ٠ ان الأدلة التي تجمعت أثناء النصف الأول من القرن التاسع عشر قد اتسع مداها اتساعا هائلا منذ ذلك الوقت ، ولكنها قد أبانت دائما تعقيدا متزايدا في الحفريات من الصخور القديمة للصخور الأحدث منها ٠ ولا حاجة لنا في القول أنه من الضروري التحلي بقدر كبير من الصبر في البحث عن وجود سلسلة منتظمة ٠ ولكن حينما تكتمل الأدلة فانها تشير الى القول بأن الحياة نشأت في كل مرحلة من مراحل التطور من حياة سبقتها ٠

والمجموعة الثانية العظيمة من البراهين مصدرها دراسات الكائنات الحية الآن ٠ فاذا نظرنا الى هياكل كل من ساعد الانسان ، وجناح الطائر ، وذيل الحوت ، والساق الأمامية للغزال أو الجواد أو البقرة نجد أن تركيبها

---

(١) لامارك ( ١٧٤٤ - ١٨٢٩ ) ، كيفير ( ١٧٦٩ - ١٨٣٢ ) سانت هيلير ( ١٧٧٢ -

١٨٤٤ ) ٠



واحد فى أساسه • فى كل حالة منها عظمة واحدة ، المفصل ، يتبعها عظمتان ، وبعد ذلك مفصل أكثر تعقيدا ( المعصم ) الذى تتفرع منه عظام ( الأصابع ) • وللخفاش مثلا أربعة أصابع طويلة جدا يقوم عليها جناحه كهيكل المظلة ، وإبهامه مخلب قصير • وللغزال أصبعان كبيران فى الوسط يكونان حافره المشقوق ، وأصبعان صغيران فى كلا الجانبين ، ولا إبهام له • وكذلك نجد بفحصنا كائنات فقارية أخرى انها تسير على نفس المنوال مع اختلافات فردية • وبنفس الطريقة يتبين علماء النبات تشابها فى تركيب العائلات النباتية •

وهناك مصدر عظيم ثالث لاقامة البرهان على هذا ، هو وجود أطراف وأعضاء لا فائدة منها لحيوانات تعيش الآن ، لم يكن هناك داع لان تزود بها لو أن كلا منها قد خلق بمفرده • فللحوت مثلا بقايا هيكلية لرجل خلفية ، رجل أثرية كما يقول علماء الحيوان • وهذا يبين أن الحوت سليل حيوان برى كان فى حاجة الى أربعة أرجل • وكذلك فلبعض الحيات أرجل أثرية بمخلب بارز من الجلد تدل على تناسل من حيوان زاحف ذى أربعة أرجل كان يعيش فى الماء واليابس •

وعلاوة على ذلك فاذا فحصنا تطور الكائنات قبل ولادتها ، أى الأجنة ، فاننا نرى أن أجنة الكائنات التى تختلف اختلافا بينا فى مرحلة المراهقة تتشابه تشابها ملحوظا فى المراحل الأولى من حياتها • وكذلك فعند فحصنا لجنين كائن معين ، ومقارنة مظهر الأجنة فى أطوار نموها المختلفة ، فانه يبدو أن هذه التغيرات تتفق مع تلك التغيرات التى لابد أن أجدها قد مرت خلالها فى عصور سحيقة • ويمكن مشاهدة مثل تلك التغيرات فى السمك بعد فقسه من البيض • فمثلا يسبح سمك التيربوت (١) الكبير منبطحا بالقرب من قاع المحيط ، وتوجد عيناه فى جانب واحد من رأسه • ومع ذلك فان التيربوت فى أثناء تطوره بعد خروجه من البيضة يبدأ بعين واحدة فى كل من جانبيه رأسه كمعظم الأسماك التى تحترم نفسها وتسبح منتصبه ، ومع ذلك فان موضع العينين يتغير تدريجيا بنسبة تغير موضع الرأس • وعلى الرغم من ذلك فان السمكة غير الناضجة تواصل السباحة منتصبه • ومع ذلك تصبح العينان فى الطور الأخير فى جانب واحد من الرأس ، وتقضى حياتها منبطحة بالقرب من قاع المحيط تبحث عن سمك نستطيع ابتلاعه • ومن الممكن ذكر أمثلة أخرى كثيرة • ويبدو كما لو أن الكائن المتطور قد تذكر تاريخ أسلافه الماضى ، وأنه يمر فى حياته القصيرة قبل اكتمال نضوجه خلال تاريخه مرة ثانية ، على الرغم من أنه لا يستفيد فى النهاية أى فائدة من بعض المراحل التى يبدو أنه مصر على تكرارها •

( ١ ) التيربوت سمك أوربى مفلطح ( المترجم )



وقد أبنا آنفا نوع الحجج التي تؤدي الى النتيجة التي تتلخص في أن الجماهير الغفيرة لأنواع الكائنات الحية التي نراها اليوم لم تخلق كلها على افراد ، ولكنها تطورت عن أنواع مماثلة . وتمكننا نظرية التطور مثلها مثل كل نظرية صحيحة أخرى أن نربط سويا بين كثير من الحقائق التي استمدت من المشاهدة ، وأن نبسط أفكارنا . وبدون نظرية التطور فاننا نضل طريقنا بين أصناف الكائنات الحية التي تحير الألباب ، دون أن نلم بأي تفسير معقول لكيفية انتساب مخلوق لغيره من المخلوقات .

ودون أن نجد وسيلة لتفسير الحفريات ، ودون أي تفسير معقول للبقايا الأثرية أو أوجه التشابه التكوينية ، أو ما يبدو في نمو الجنين من التلخيص الموجز للتاريخ .

ولقد ذكرنا حتى الآن الخطوط الرئيسية للأدلة التي تؤدي بنا الى قبول حقيقة التطور . هيا بنا الآن نذكر بإيجاز تام بعض الحجج التي قدمت لتفسير كيفية حدوث هذا التطور . ان هذا يؤدي بنا الى أبحاث دارون . ففي كتابه الرئيسي وعنوانه الكامل : بحث في أصل الأنواع بواسطة الانتخاب الطبيعي أو بقاء الأجناس الصالحة في الكفاح من أجل الحياة : سجل دارون قدرا هائلا من المشاهدات رابطا بعضها ببعض . وكان بعضها نتيجة بحث استغرق أعواما في قارات بعيدة ، وبين جزر. لم تطأها قدم انسان . وقام بالبعض الآخر علماء طبيعيون في بلاد مختلفة تضمنت أبحاثهم دراسات الكائنات البرية وكذلك النباتات المستأنسة . وهكذا بتجميعه قدرا هائلا من المشاهدات ، فحص دارون الأدلة التي اعتبر أنها ألقت بعض الضوء على ما قد ظل مدة طويلة لغزا غير قابل للحل ، ألا وهو أصل أنواع الأشياء الحية الكثيرة المتباينة .

### ٣ - نظرية الانتخاب الطبيعي

ان المجال الشاسع للحياة الذي تفتح أمام أعين دارون أراه الطريقة المدهشة التي تتلاءم بها الحيوانات والنباتات مع طريقتها الخاصة في الحياة . ورأى أن الاختلافات في التكوين واللون والعادات تمكن الكائنات الحية من ملائمة نفسها مع بيئتها . ورأى دارون كغيره من الباحثين كيف أن أمثال تلك الملاءمات تجعل في امكان الحيوانات تفادي اكتشاف أعدائها المتربصة بها . ورأى أن كثيرا من الأزهار بسبب ذات تكوينها تسهل عملية الإخصاب التهجيني ، وبذلك تضمن تهجين أصناف نفس النوع بعضها لبعض . وعلاوة على أن مثل تلك الملاءمات أحيانا ما تحمي أفراد الكائن الحي ، فهي تضمن زيادة على ذلك بقاء النوع بوجه خاص . وقد ذكر كثير من المؤلفين قبل الزمن الذي ظهر فيه دارون مثل هذه الحقائق على أنها دليل على وجود



غرض وراء أوجه نشاط الطبيعة كلها . ومع ذلك سعى دارون الى أن يبين أن مثل تلك الملاءمات مع بعض المميزات الأخرى للكائنات الحية يمكن تعليلها بشكل مرضى بواسطة أسباب طبيعية .

وقد وجه دارون اهتمامه الى الأصناف التي لا حصر لها بين الأنواع العديدة للأشياء الحية ، ورأى أن التنويع بين النوع الواحد أحيانا ما يرجع الى التدخل المتعمد من الإنسان ، كتربية أنواع معينة من الكلاب مثلا . وأدرك أن الجهود التي يبذلها زارعو الحدائق لانتاج زهور وفواكه خاصة كان ينتج عنها قدر كبير من التنوع . انه رأى في الحقيقة أن الاستثناس جميعه كاستثناس الحيوانات البرية ، أو زراعة نباتات الأسجية مثل الورد البري والتفاح المر تنشئ أصنافا جديدة بين نفس النوع .

ولاحظ دارون زيادة على ذلك تباينات في النوع الواحد حتى حينما لا يكون هناك تدخل من قبل الانسان . وظن أن التغيرات في النوع الواحد التي تركت هكذا لتتوالد قد تكون راجعة الى انتقال مميزات معينة من جيل الى الجيل الذي يليه . وتخيل أن عدم استعمال بعض الأعضاء أو الأطراف ، أو من جهة أخرى استعمالها المفرط قد يترك أثره بكيفية ما على النوع . ولكنه أدرك أن مثل هذه التغيرات تحدث ببطء شديد ، ربما بدرجة لا تسمح بأية ملاحظة مباشرة حتى في حالة الكائنات التي تتناسل بسرعة . ولم يغب اطلاقا عن بال دارون امكان توارث مثل تلك الصفات المكتسبة . وقد خصص الفصل الأول من كتابه العظيم لمناقشة هذه المسألة ذاتها . ومع ذاك فقد رأى أن هناك سببا أقوى للتطور يرجع الى ما يسمى بالانتخاب الطبيعي .

وتنقسم الحجج التي تدعم نظرية دارون العظيمة الى ثلاثة أقسام . أولها أن للكائنات الحية جميعها قوى تزايد هائلة ، فقد ينتج نبات ألف بذرة في العام ، وترينا حبة بسيطة أنه لو وصلت كل تلك البذور الى دور النضوج واستمر انتاجها بنفس السرعة ، فإن الأرض سرعان ماتزخر بها . وكذلك حتى في حالة تناسل زوج واحد من حيوان بطيء النسل مثل الفيل ، فإن هذا النسل ، كما أبان دارون ، قد يملأ الأرض بمرور الوقت . أما في حالة الكائنات الحية التي تتكاثر بسرعة مثل البكتيريا وبعض صور الحياة الدنيئة الأخرى ، فإن الأرض تمتلئ بها في أسابيع قليلة اذا بقي كل فرد من ذريتها وتناسل .

ولكننا نعرف أن الضخامة التي تتجدد بها الحياة تقابلها ظروف مضادة تؤثر في الكائنات الحية التي لم يتم نضوجها ، ولذلك فما يبقى منها فقط عنى قيد الحياة انما هو القليل جدا . فمن البيض الذي لاحصر له الذي تضعه سمكه سالمون واحدة في موسم بيضها لا يلحق الا القليل فحسب ،



وكذلك فإن الذى يصل الى مرحلة البلوغ أقل من ذلك بكثير . كم من البذور التى تحملها الريح تثبت فى الأرض وتنمو ؟ كم من الكرون (١) يصير شجر بلوط ؟

وعلى ذلك فعلى الرغم من قوة التزايد الهائلة فى الطبيعة الحية ، فإن أعداد النباتات والحيوانات يبقى ثابتا تقريبا من سنة لأخرى . واستنتج دارون أن هذا ناتج من المنافسة الحادة بين الكائنات الحية لنفس النوع ، بالإضافة الى عدم قدرة الكائنات غير الناضجة على العيش فى ظروف غير مناسبة . وعلى ذلك تحدث دارون عن تنازع البقاء الذى يوجد فى جميع أنحاء الطبيعة الحية . ولم يستعمل هذا التعبير فقط بمعناه الحرفى كما فى حالة حيوانين يتنازعان للحصول على الطعام أو حالة نباتات تنمو لصق بعضها البعض ، وتستلب الغذاء والضوء من بعضها . لقد استعمله أيضا بمعنى مجازى ليدل على التفاعل الذى يحدث بين كائن حي وأى من الظروف التى تعتمد حياته عليها . وعلى ذلك فإنه صور ظروف النبات الذى ينمو بجوار الصحراء ، معتمدا بذلك فى ذات حياته على الرطوبة ، كنوع من التنازع ضد الأحوال المناخية .

وفكرة تنازع البقاء هذه هى الحجة الثانية من حجج دارون الرئيسية ، وتؤدى بنا الى الحجة الثالثة المتعلقة بالتباينات داخل النوع . لقد رأى دارون أنه حينما تتميز الكائنات الحية بمثل هذا التنازع من أجل العيش ، فإن أية تغيرات بسيطة فى التكوين أو الحالة المعيشية تكون ذات فائدة لأى كائن حي تهيئ له فرصة أحسن للبقاء ، على الرغم من خصوبة تناسل هذه الكائنات الحية . إذن فإذا زاد عدد الحيوانات التى تبقى على قيد الحياة نتيجة لتمييزها ببعض من هذه التغيرات الملائمة ، فمن الطبيعى أن يتزايد عدد تلك التى تندر من تلك الحيوانات التى لا تتميز بهذه التغيرات . لذلك تأخذ الحيوانات التى تتميز بالتغيرات الملائمة تشغل بالتدريج نسبة أكبر وأكبر من العدد الكلى لهذا النوع الخاص .

ويقول دارون :

وينتج عن ذلك أنه اذا تغير أى مخلوق ولو بدرجة بسيطة بأية كيفية مفيدة له تحت ظروف حياة معقدة متغيرة أحيانا ، يكون أمامه فرصة أحسن للبقاء . ولذلك ينتخب انتخبا طبيعيا . ويميل أى صنف منتخب طبقا لقانون الوراثة الوطيدة الى الاكثار من نوعه المعدل .

---

( ١ ) الكرون كلمة عربية معناها ثمرة البلوط ( المترجم )



ويتبين من هذه الكلمات أن ما يسميه الانتخاب الطبيعي ما هو في الحقيقة الا الاحتفاظ بتغيرات ملائمة . وبقاء الأفراد التي تتميز بهذه التغيرات الخاصة معناه أنها تنتج على العموم عددا أكبر من الذرية ، يتميز بعضها بهذه التغيرات كذلك . وعلى ذلك يبقى النوع الخاص على قيد الحياة حتى بعد هلاك أفراد جنسه . ويضرب لنا أمثلة كثيرة لأثر الانتخاب الطبيعي ، نقتبس منها ما يلي : -

« هيا بنا نأخذ حالة ذئب ينقض على حيوانات عدة ، يقتنص بعضها بالدهاء ، وبعضها بالقوة ، وبعضها بالسرعة ، ودعنا نفترض أن أسرع فريسة - الغزال مثلا - قد زادت من أعدادها نتيجة لأي تغير في الاقليم ، أو أن الفرائس الأخرى قد نقصت أعدادها ، أثناء ذلك الفصل من السنة الذي يكون فيه في مسيس الحاجة الى الطعام . ان في استطاعتى في مثل تلك الظروف أن أرى ألا داعى للشك في أن اسرع الذئب وأرشقها ستهيأ له أحسن فرصة للبقاء . ولذلك يحتفظ به وينتخب » .

واذا كان لمثل هذا الانتخاب تأثير على الأجيال المستقبلية من الذئب ، فعلينا أن نفترض انتقال صفات خاصة بطريقة ما الى الذرية . وكما يقول دارون : -

« اذا استفاد أى ذئب من تغيير فطرى في عاداته أو تكوينه تهيأت له أحسن الفرص للبقاء وائصال ذرية . ومن المحتمل أن يرث بعض صغاره نفس العادات أو التكوين . وقد يتكون صنف جديد بتكرار هذه العملية ، وهذا الصنف اما أن يحل محل نوع الذئب الأب ، أو يتعايش معه » .

وعلى ذلك فمن الملاحظ أن دارون تعرف على سببين من أسباب التطور وهما (١) توارث الصفات المكتسبة بواسطة الجدود (٢) الانتخاب الطبيعي . وقد أكد دارون أهمية السبب الثانى من هذه الاسباب . وكان تفسيره لعملية النشوء ، والارتقاء بواسطة الانتخاب الطبيعي قمة انتصاره فيما قام به من أعمال . ولقد ذكرنا مجملا موجزا لنظريته ، وقد جعلت قلة الحيز من المستحيل تبين مدى دراسته . ان على كل انسان أن يطلع نفسه على كتابه « أصل الأنواع » .

وانه ليكفي في هذا المجلد الموجز أن نعترف بعمل هذا الرجل العظيم الذى أوجد لأول مرة نظرية معقولة لتطور الأنواع . وأول الأفكار التي تربط نظرية دارون بعضها ببعض هي فكرة وحدة الحياة ، والروابط الخفية التي بين صور الحياة المختلفة وأثرها على بعضها البعض ، وما الانسان نفسه الا أحد بقية الخلق . وثانيا هناك فكرة استجابة الكائنات الحية



للتغيرات الخارجية • وعلى هذا فان الاختلافات فى المناخ ، ونقص مواد الغذاء العادية ، والهجمات التى يشنها أعداء غير متوقعين، كل هذه تستدعى تنازعا • واذا لم ينتصر الكائن الحى فانه يخرج من سياق الحياة • وثالثا فكرة مدى التلاؤم الذى تبديه الكائنات الحية والطريقة التى يبدو أن تستفيد بها من الخبرة • وكذلك فهناك فكرة التطور التى ما زلنا نراها حولنا تأخذ مجراها حتى أن جهود واستجابات الكائنات الحية فى أيامنا هذه ، وما ينتج عن ذلك من تلاؤمها سيكون له تأثير على خلفائها فى العصور القادمة •

#### ٤ - الوراثة

ترتبط فكرة التطوير ارتباطا وثيقا بفكرة الوراثة • وكان دارون أول من حاول معالجة هذه المشكلة علميا • ونحن نعلم جميعا أن الأطفال يشبهون آبائهم ، ونعرف عموما أن كلا يولد على شاكلته ويرجع الفضل فى أول دراسة عملية للوراثة الى أسقف غير نابيه يدعى ج • ج • مندل ( ١٨٢٢ - ١٨٩٤ ) كان يعيش فى المدينة المورافية القديمة بيرن التى تنتمى الآن الى تشيكوسلوفاكيا • ولم يحظ مؤلفه الذى طبعه سنة ١٨٦٥ باهتمام العلماء فى العالم حتى بدأ القرن الحالى •

لقد احتفظ مندل بسجلات دقيقة للصفات المتوارثة لنباتات معينة وأوجد قوانين عديدة محددة للوراثة • أنه اعتبر أن كل ميزة كالطول والقصر إنما ترجع لعامل محدد • وحينما يحصل تهجين بين نباتين ينتج عنه أرومة جديدة فان من رآه فى هذه الحالة أن الخلية الجديدة المنقسمة تنشأ عن نوع من إعادة امتزاج العوامل المشتقة من الخلايا الأب • ومن بين التجارب التى قام بها مندل فى حديقة ديره أبحاث فى تأثير تهجين أصناف مختلفة من البسلة العادية • لقد اختار نباتات تختلف فى إحدى الميزات الواضحة كالطول • وبتجين بسلة طويلة وبسلة قصيرة ، وجد أن الهجائن الناتجة طويلة كلها • ولكن حينما لقحت هذه الهجائن نفسها ظهرت بسلة قصيرة فى الجيل الثانى •

وتتضح هذه الحالة بشكل أبسط نوعا لو تدبرنا تهجين زهرة حمراء وزهرة بيضاء من نفس النوع - زهرة الانترينهم مثلا • وبجعل مثل هذه الأزهار يلقيح بعضها بعضا فان البذور الناتجة تنشأ عنها أزهار وردية اللون فحسب • وعلى ذلك فعلى الرغم من أن الصفات الحمراء والبيضاء تمتزج سويا فى الجيل الأول ، فان الصفات النقية للأجداد تعود الى الظهور فى الجيل الثانى •



وقد أدت مثل هذه التجارب بمندل الى قانون بسيط جدا يمكن ذكره فيما يلى :

إذا تزوج فردان لهما زوج من الصفات المتضادة النقية ، فإن الصفات الأصلية تنعزل فى الجيل الثانى . ووجد مندل بعد دراسة دقيقة لمثل هذه الأجيال الثانية فى عدد كبير جدا من الحالات أن الأفراد التى تولد منها النوع النقى احتفظت بنقاوتها فى التوالد . ومن جهة أخرى وجد أن الهجائن نشأ عنها بعض أفراد محتفظة بصفاتهما النقية ، كما نشأت عنها هجائن أخرى . ولم يجد فى أية حالة من الحالات هجينا تناسل تناسلا نقيا .

وفسر مندل مثل هذه النتائج بافتراضه أن هناك وحدات معينة تتحكم فى الطول أو اللون أو أية ميزة بارزة أخرى يتضح أنها وراثية . وافترض أن هذه الوحدات التى نسميها الآن جينا تحتفظ باستقلالها الذاتى فى الهجائن ، حتى ولو أنه يبدو أنه قد قضى عليها أو أنها توارثت على الأقل . وليس من السهل فى حالات كثيرة التمييز بين ما هو هجين وما هو فيه نقى النسب . وفى تلك الحالات يسمى الجين الخاص الذى يجعل الهجين يظهر كأنه نقى السلالة الجين السائد . أما الجين المطمور فيدعى بالجين المتنحى . ومع ذلك فإن الجين المتنحى يحتفظ بشخصيته ويظهر نفسه فى جيل تال . فمثلا يوجد بين الكائنات البشرية نوع وراثى من الصمم يؤدى الى الحالة المحزنة المعروفة بحالة الصمم الأبكم . وقد يكون الجين المتحكم فى هذه الصفة جينا متنحيا ، وفى مثل هذه الحالة يبدو الشخص عاديا ، على الرغم من أنه قد يكون هجينا بالفعل . ولو أن ذكرا أو أنثى من هذا القبيل تزوج أو تزوجت من شخص عادى تماما فإن كل أطفالهما يبدون عاديين . ان بعضهم سيكون هجينا حقا ، أما الآخرون فسيكون لديهم الجين المتنحى للصمم الأبكم مثل أحد والديهما . ولكن إذا تزوج اثنان لديهما هذا الجين المتنحى ، فستكون هناك فرصة فعلية لأن يصاب بعض ذريتهم بالصمم المصحوب بالبكم .

لقد ناقشنا حتى الآن تلك الحالات النادرة نوعا من تزواج أفراد تختلف عن بعضها فى صفة موروثية فقط . ومع ذلك ففى جميع الحالات تقريبا نواجه بتزاوجات يختلف فيها الزوجان عن بعضهما البعض حيوانا كانا أم نباتا فى أكثر من ناحية واحدة . وقد أدى بحث مندل لمثل هذه التهجينات المعقدة الى القانون التالى : إذا تزوج فردان لهما أكثر من زوج من الصفات المتضادة ، فإن كل زوج من هذه الصفات يورث بعد الجيل الأول مستقلا عن غيره من بقية الصفات . وقد أيدت التجارب التى أجريت فى القرن الحالى قانونى مندل اللذين قامت عليهما البحوث الحديثة الكثيرة



فى الوراثة • وقد جمع البحث الحديث بين الفحص المجهرى للخلايا وبين الأبحاث التى تجرى فى الوراثة ، ووجد علماء الأحياء اليوم أن المعلومات المستقاة من عمليات الاخصاب تؤيد من وجهة النظر الطبيعية المبادئ الأساسية لقوانين مندل •

#### ٥ - بعض نتائج نظريات دارون ومندل

بعد إعادة اكتشاف قوانين مندل عند بدء القرن الحالى بذلت محاولات كثيرة لتطبيق هذه المبادئ على المسائل العلمية فى تربية النبات والحيوان وعلى ذلك فقد تتصف سلالة معينة من حيوان أو نبات بميزة حميدة واحدة تكون غير موجودة فى بعض السلالات الأخرى التى هى من نواح أخرى ذات نوع جيد • ولذلك يهجن المربي المعمل مهتدياً بمبادئ مندل سلالتين لأحدهما الصفة الخاصة التى يريدتها ، وهو يعلم أن نتائج التزاوج الأول ستكون هجيناً • ولكن بانتخاب أفراد من الجيل الثانى وما يليه ، يمكنه إيجاد سلالة تتصف بالصفة الخاصة لسلالة أصلية بالإضافة إلى الصفات الحميدة للسلالة الأخرى الأولى • وقد طبقت مثل هذه الطرق بنجاح فى تربية أصناف خاصة من القمح والبطاطس وقصب السكر •

ان تربية النبات والحيوان جرت قروناً طبقاً لطرق مبنية على التجربة والخبرة • وكان يزرع القمح والحبوب الأخرى من الأصناف البرية • وكانت تربي الماشية والأغنام طبقاً لميزات كانت أكثر ما تكون ظهوراً فى أجدادها البرية مثل الحجم ونوع الصوف • ولكن مندل هو أول من أبان كيف أنه بتركيز عنايتنا على زوج ذى صفات متضادة ، يمكننا الحصول على نتائج ممكن التنبؤ بها طبقاً لقوانين عديدة محددة • وطبقاً لما قام به مندل نجد أنه قد أصبح من الثابت أن مثل تلك الصفات الموروثة ، الجينات توجد على الأجسام الخيطية المسماة بالصبغيات فى نواة الخلية • وعلاوة على ذلك لمقد أبان علماء الأحياء أن الصبغيات تتميز عن بعضها البعض فى العدد والشكل • وتوجد الصبغيات فى خلايا الجسم العادى فى أزواج ، ولكن الجاميطات ( الأمشاج ) - أى تلك الخلايا التى لها دور فى التكاثر الجنسى - تحتوى فقط على صفة ممثلة لكل زوج من الصبغيات • وعلى ذلك فإن كل جاميطة تحمل مجموعة كاملة من الجينات تتمثل فيها كل الظواهر الوراثية للذرية • وعندما يتم الاخصاب فإن اتحاد الأمشاج ينتج عنه هودة الأزواج الصبغى • وبهذه الطريقة فإن الصفات المميزة للذرية تنتج عن اندماج جينات الآباء وجينات الأمهات مع بعضها البعض بنصيب متكافئ • وقد فتحت مثل هذه الاعتبارات مجالاً بحث واسعاً ، وأدت إلى إدراك بعض من عمليات الوراثة الغامضة •



وعلى نقيض الانجازات العظيمة التي تمت على يدى مندل فان تلك الأعمال التي أثرت عن دارون لم تؤد الى تطبيقات مباشرة فى الحياة العملية ومع ذلك فان نظرية التطور أمدت البشر بقضية عامة يمكن مقارنة تأثيرها بالأثر الذى أحدثته نظرية الجاذبية التي كشف عنها نيوتن قبل ذلك بقرنين تقريبا . وكما توسع أتباع دارون فى تفاصيل نظريته ، فكذلك أضاف علماء الأحياء خلال الخمسين عاما التي تلت نشر كتاب أصل الأنواع الى مجموعة الأدلة التي جمعها دارون . وقد أبانت أبحاثهم الحديثة أن التغير الناشئ عن التطور قد حدث بسبب تغير الجينات وفى شكل الصبغيات . وبهذه الطريقة توصل رجال العلم الى وصف طريقة التطور التي صارت دراستها أساسا لكثير من الأبحاث الاحيائية اليوم .

ولكن اثر نظرية دارون قد امتد بعيدا فيما وراء صفوف المشتغلين بالعلم ، وأصبح يؤثر فى نظرة الرجال والنساء فى الحياة اليومية . وقد امتدت مفهومات التطور الى مجالات أخرى ، ولذلك فمن المعتاد اليوم دراسة اللغات ، والتشريعات الاجتماعية ، والعقائد الانسانية طبقا لنشأتها وتطورها . وعلى الرغم من أنه من الواجب علينا أن نكون على حذر ضد تطبيقات نتائج خاصة بمجال علمى فى مجال آخر ، الا أن فكرة النمو التطورى ثبت أنها ذات فائدة كبرى فى كثير من المشاكل الانسانية . فمثلا أصبح من الأمور المعترف بها أن التطور فى الحياة البشرية سواء كان جسميا أم عقليا ينشأ عن مجموعتين من العوامل هما :

#### ١ - « الطبيعة » التي تورث مباشرة .

٢ - التغذى الذى تهيئه كل الظروف الخارجية التي تندرج تحت اسم « البيئة » .

وقد وجهت كل المحاولات التي بذلت حتى الآن لتحسين التطور البشرى صوب العامل الثانى من هاتين المجموعتين . وقد أدرج التعليم وكذلك الأحوال التي تساعد على الصحة الجسدية ضمن التغذى .

والآن حينما نأخذ فى اعتبارنا الجنس لا الفرد فاننا بذلك نعلم أن الثقافة البشرية شيء متطور . وزيادة على ذلك فكما أن التطور بين النباتات والحيوانات عملية ما زالت مستمرة ، فكذلك الحال مع الثقافة البشرية . وإن للانسان فى هذا دورا عليه أن يلعبه . انه ليس كائنات حيا معقدا فحسب ، ولكنه روح حية أيضا . ولذلك ففي استطاعته أن يكون له دور فى التطور البشرى بأن يسير قدما بثقافة جنسية ، وإضافته شيئا الى كنوزها جيلا بعد جيل .



وترينا نظرية التطور صورة للأشياء الحية التي وصلت خلال أحقاب  
مديدة من الزمن الى حياة أكثر امتلاء وأكثر رخاء . وعلى ذلك فإنها  
تبعث الأمل فى نفوس البشر . ومن ناحية أخرى فان دراسة نظرية  
التطور تكشف لنا عن أمثلة كثيرة للأنواع التى انقرضت ، ولأنواع أخرى  
فى سبيل الانقراض . وتحمل مثل هذه الاعتبارات فى طياتها تحذيرا  
للجنس البشرى ، اذ على الرغم من أن الانسان هو أعظم الكائنات الحية  
مقدرة على التلاؤم ، الا انه يشترك مع جميع الكائنات غيره فى قدرته على  
الانحلال ، وقدرته على التقدم سواء بسواء . والمسئولية فى ذلك تقع  
عليه .



## الفصل الثالث عشر

# المخطوآت التي أدت إلى العصر العالمي الحديث

### ١ - مطلع القرن التاسع عشر

ان الانجازات العظيمة التي تمت في كل من العلوم البحتة والتكنولوجيا خلال القرن التاسع عشر كانت هائلة جدا بدرجة أنه قد بدا أن أى تقدم آخر سيكون فى التوسع فى النتائج المعروفة أكثر منه فى كشف جديدة . وقد ضمت المعلومات التي تدفقت من ميادين مختلفة بعضها الى بعض لتخرج لنا قانون الطاقة ، كما أبانت قوانين الديناميكا الحرارية الطريق لاستخدام الموارد العالمية . ووصفت نظرية التطور الأشياء الحية التي تتلاءم باستمرار مع الظروف الجديدة . ومما لا ريب فيه أنه بالنسبة لأولئك الذين يرفلون فى النعم المادية لعصر يسود الرخاء فيه اتجهت الأفكار الى ذلك الانسان الذى لكونه آخر حلقة فى سلسلة التطور قد بلغ أوج قواه .

ولكن الحوادث سرعان ما حزحت الناس عن غبطتهم ، ففي عام ١٨٩٥ اكتشف رونتجون الأشعة السينية . وأعلن فى فرنسا بعد ذلك بأعوام طويلة عن اشعاعات جديدة كل الجدة من اليورانيوم ومركباته عبر عنها فيما بعد بالنشاط الاشعاعى وتوصل علماء الفيزياء فى انجلترا فى نفس الوقت الى النتيجة المدهشة التي تلخص فى أن الذرة التي كان يظن حتى ذلك الوقت انها جسيم من المادة يكون وحدة غير قابلة للانقسام تتكون من جسيمات أصغر منها بكثير . ان هذه الكشف لم تثر اهتمام العلماء فى العالم فحسب بل انها أيضا تطلبت إعادة تنسيق للأفكار أدى الى عصر جديد من التجربة .

### ٢ - اكتشاف الالكترون

من بين الأبحاث التي قام بها أمير القائمين بالتجارب ميخائيل فاراداي سلسلة من القياسات الكمية لمرور تيار من الكهرباء فى مواد سائلة . انه



استعمل محاليل أملاح معدنية ، ووزن المواد الناتجة المترسبة على الأقطاب الكهربائية . ونتيجة لذلك صاغ القانونين الآتيين :

١ - تتناسب كتلة المادة المتخلفة عن التحليل تناسباً طردياً مع كمية الكهرباء المارة فى السائل .

٢ - حينما يمر نفس التيار فى محاليل مختلفة لمدد متساوية فإن كتل المواد المتخلفة عن التحليل تتناسب تناسباً طردياً مع مكافئاتها الكيماوية .

وهاتان الحقيقتان العامتان المعروفتان الآن بقوانين فاراداي للتحليل الكهربى تؤديان الى النتيجة التى تلخص فى أن هناك كمية ثابتة من الكهرباء مرتبطة بالذرة الكيماوية . وقد أدرك فاراداي نفسه هذا على الرغم من أنه تردد فى استعمال لفظ الذرة لهذه الوحدة الطبيعية من الكهرباء .

وقد أدت الأبحاث الخاصة بمرور الكهرباء الى غازات بدلا من سوائى الى أدلة مقنعة على وجود وحدة كهربية مغيرة . وكان معروفا من زمن طويل انه بينما يكون الغاز فى الضغوط العادية عازلا ، فان الغاز فى الضغوط المنخفضة يسمح بمرور تفريغ كهربى خلاله . وبعد اختراع الملف التائرى أصبح من الممكن استعمال قوى دفع كهربية أكبر بكثير للتفريغ ، ومكن التقدم الذى تم عمله فى صناعة المفرغات الهوائية القائمين بالتجارب من الحصول على ضغوط منخفضة بدرجة كبيرة . ولوحظ فى هذه الظروف الأكثر تلازما انه حينما يمر تفريغ خلال أنبوبة مفرغة من الهواء تقريبا تنبعث أشعة من القطب السالب ، أو المهبط .

وهذه الأشعة التى أصبحت تعرف باسم أشعة المهبط جعلت غاز الأنبوبة يتوهج بأشعة فلورنس كما سميت . وعلاوة على ذلك فحينما يعترض جسم صغير - مسار هذه الأشعة فانه يلقى ظلا على النهاية القصوى للأنبوبة يشبه الظل الذى قد يلقى بواسطة شمعة أو أى مصدر آخر من مصادر الضوء . وقد أبانت مثل هذه النتائج أن أشعة المهبط مهما كان من كنهها تنبعث فى خطوط مستقيمة . وظن بعض الباحثين انها تكون نوعا من الضوء ، بينما اعتبرها الآخرون كسيل من الجسيمات المنطلقة فى خطوط مستقيمة .

ولم يكن من الصعوبة وضع هذه الفروض موضع الاختبار بمجرد ابتكار طرق لقياس السرعة التى تنطلق بها أشعة المهبط . وكانت النتيجة أن وجدت سرعتها أقل بكثير من سرعة الضوء . ومما يثير الدهشة بدرجة كبيرة أنه قد لوحظ أن أشعة المهبط يمكن انحرافها عن مسارها بواسطة مجال مغنطيسى فاصل وانه عند احتجازها فى اسطوانة معدنية فان هذه



الاسطوانة تكون ذات شحنة سالبة . وقد أدت مثل هذه النتائج الى النتيجة التى تتلخص فى أن الأشعة تتكون من سيل من الجسيمات المكهربة .

واستمدت أدلة أخرى من المقاييس العددية المضبوطة ، وعلى الأخص تلك التى ابتكرها السير جوزيف جون طومسون ( ١٨٥٦ - ١٩٤٠ ) .  
وحيثما أجرى تجارب مستعملا فراغات كبيرة فى أنابيب التفريغ ، وموازنا انحراف أشعة المهبط الناتجة عن مجال مغنطيس بذلك الانحراف الناتج عن مجال كهروستاتيكي ، حصل على تقدير لنسبة شحنة دقيقة من دقائق أشعة المهبط الى كتلتها ، وكذلك الى تقرير آخر للسرعة .

وفى سلسلة من التجارب ثبت أنها ذات أهمية جوهرية أجرى ج. ج. طومسون تجارب دقيقة منوعا الغازات فى أنابيب التفريغ ، مستخدما أقطابا كهربية من معادن مختلفة ، ومستعملا قوى دفع كهربية مختلفة .  
ولكنه وجد أن سرعة أشعة المهبط واحدة فى كل حالة وأن نسبة الشحنة للكتلة ثابتة وقد دلت أبحاث أخرى على أن الشحنة التى تحملها أشعة المهبط تتساوى فى مقدارها مع الشحنة التى تحملها الذرة المشحونة ، أو الأيون ، إفى التحليل الكهربي . وقد بدأ فى الحقيقة أن شحنة جسيم المهبط هى ثابت طبيعى حقيقى بدرجة أن اعتبر وحدة أساسية اطلق عليه لفظ الاكترون .

وقد أعلنت النتائج التى وصل اليها ج. ج. طومسون لرجال العلم فى العالم عند اجتماع الرابطة البريطانية عام ١٨٩٩ . ومنذ ذلك الوقت كشف رجال الفيزياء عن الاكترونات فى كل مكان . ولا تنبعث من المواد المشعة سبول من الاكترونات فحسب كما سنرى ، ولكن هذه الاكترونات تنطلق أيضا بتأثير الضوء وعلاوة على ذلك تنبعث سبول من الاكترونات من المعدن الساخن وقد أدت هذه الحقيقة الى اختراع الصمام الثرميوني المستعمل فى أجهزة الاستقبال اللاسلكى .

وتحتوى البصلة الصغيرة التى يتكون منها الصمام المألوف فتيلة من سلك بتوهج تنبعث الاكترونات منه . انها تمر فى ثقب شبكة معدنية الى الطرف الآخر من البصلة وتتصل الشبكة بالسلك الهوائى الذى يتلقى الموجات الكهرومغنطيسية وبذلك تكتسب تيارا مترددا ضعيفا وحيثما تكون الشبكة ذات شحنة موجبة فانها تجذب الاكترونات ذات الشحنة السالبة الصادرة من الفتيلة وتزيد من سرعة حركتها . وحيثما تكون الشبكة ذات شحنة سالبة فانها تبعد الاكترونات القادمة من الفتيلة . ونتيجة لذلك فان التيار الصغير المتردد فى الشبكة يتخذ اتجاها واحدا ، وتزداد قوته فى نفس الوقت . وما الصمام الثرميوني الا احدى التطبيقات



العديدة للسبيل الإلكتروني في حياتنا اليومية ، تلك التطبيقات التي سنناقش بعضها في الفصل القادم .

### ٣ - الأشعة السينية

أثناء خريف عام ١٨٩٥ كان عالم فيزياء من ووتسبرج يدعى ويلهيلم كونراد رونتجن ( ١٨٤٥ - ١٩٢٣ ) يقوم بإجراء تجارب مستخدما فيها الأشعة المهبطية . كان لديه ملف تأثيرى عامل متصلا بأنبوبة تفريغ مغطاه بورق أسود . كان ذلك مساء في وقت متأخر ، وكانت الحجرة مضاءة بنور خافت حينما لاحظ رونتجن إفجأة ضوءا لامعا مائلا للاخضرار آت من قطعة من الورق المقوى كان قد استعملها في تجربة أخرى . كانت قطعة الورق المقوى قد طليت بمادة كيماوية تتوهج عند سقوط الضوء عليها . ولكن لم يكن هناك فعلا نور في الحجرة . اذن من أين أتى هذا النور الفلوريسنت ؟ لقد تحسس رونتجن طريقه الى الملف التأثيرى وقطع الاتصال بينه وبين أنبوبة التفريغ ، فتوقف الوهج الأخضر فورا ، وعاد الى الظهور ثانية فحسب حينما أوصل الملف التأثيرى العامل بأنبوبة التفريغ . وادت أبحاث أخرى دقيقة الى اقناع رونتجن أن الفلوريسنت ناتج عن شيء صادر من أنبوبة التفريغ ، لا من شيء آخر . ويبدو أنه في الحقيقة قد اكتشف بعض اشعاعات أطلق عليها أشعة اكس .

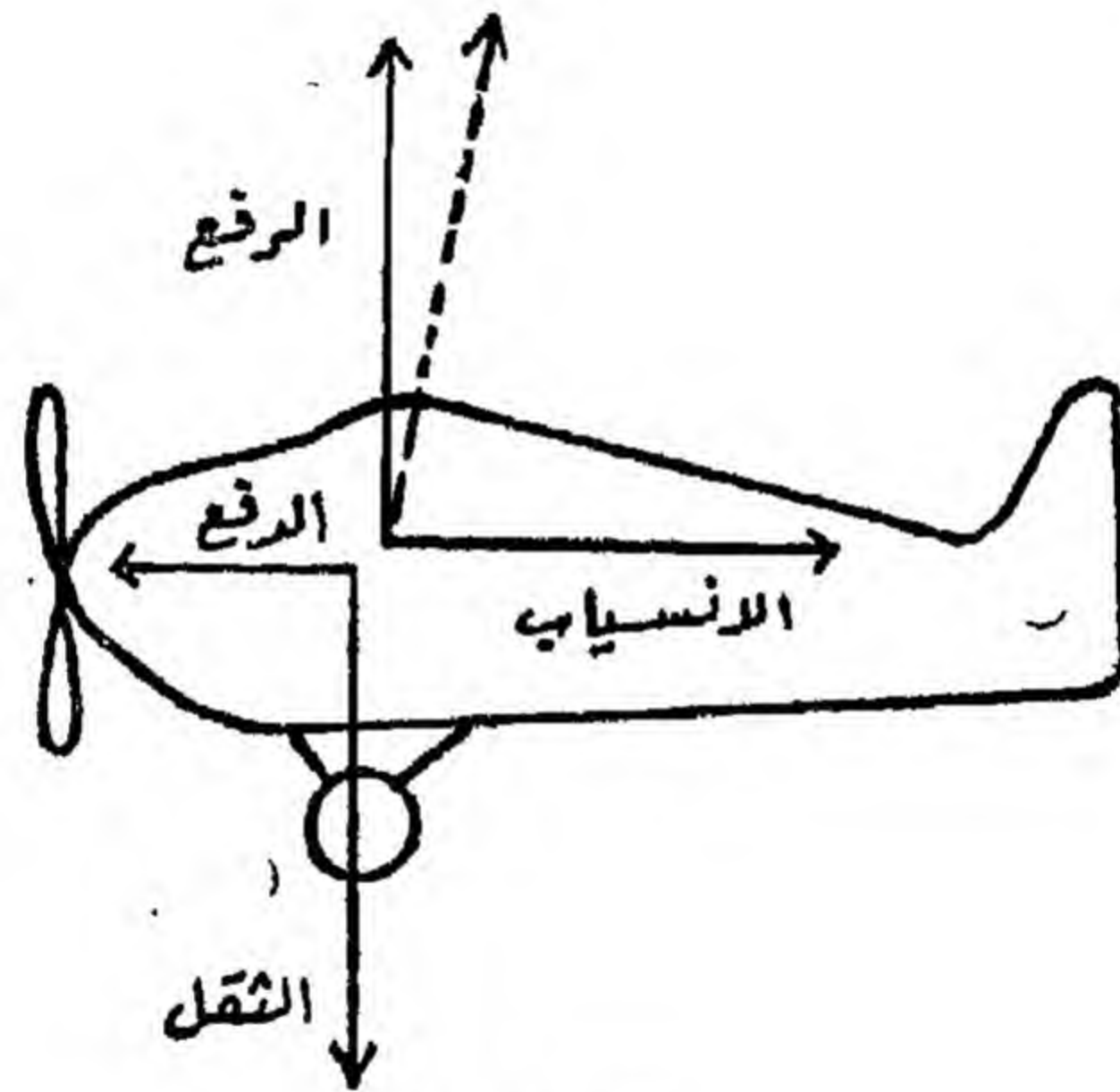
وقد وجد رونتجن ان هذه الاشعة لم تنفذ فحسب خلال الورق الأسود الملتف حول أنبوبة التفريغ ، بل وجد أيضا ان في استطاعتها اختراق حزمة من ورق اللعب ، وحتى اختراق يده ومع ذلك فحينما وضع يده بين أنبوبة التفريغ وشاشة الورق المقوى المتوهجة بنور الفلوريسنت شاهد أنه على الرغم من مرور الأشعة خلال اللحم ، فانها ألقت ظلا للعظام . لقد وجد في هذا نتيجة مذهلة . وسرعان ما أثار هذا النبأ اهتمام العالم كله . وتحقق في الحال استخدامه في مقتضيات الجراحة ، وسرعان ما أخذ رجال الطب يطلبون العون من العالم الفيزيائي بأشعته السينية للكشف عن العظام المكسورة . ولقد لاقت مثل هذه الطرق نجاحا لدرجة أن أصبح من النادر الآن أن تجد عضوا مشوها ناتجا عن كسر . وانه لمن العسير حقا تقدير ما نجم عن استعمال الأشعة السينية من تخفيف للويلات البشرية .

وتستعمل الأشعة السينية كما هو معروف تماما الآن في تشخيص امراض معينة ، السبل على الاخص ، وكأجراء وقائي تؤخذ وحدات يمكن نقلها من أشعة اكس الى المصانع والمعسكرات والمدارس حيث تؤخذ صورة صغيرة جدا لكل شخص على فيلم . وعلى ذلك يمكن أخذ مئات من الصور



الفوتوغرافية على فيلم واحد ، ويمكن تكبير هذه الصور كما هو الحال مع فيلم السينما . ويمكن بهذه الطريقة الكشف عن أى أعراض مبكرة من أعراض السل .

وتستعمل الأشعة السينية أيضا فى الصناعة . فمثلا قد يوجد عيب فى مسبوك معدنى مثل شرخ بسيط أو ثقب صغير . ان هذا العيب لا يمكن مشاهدته ان كان فى داخل المعدن تماما . ولكن حينما تستعمل الأشعة السينية لفحص مثل هذا المعدن المسبوك ، فان العيب يظل كرقعة لامعة على شاشة الفلوريسنت ، وذلك لأن هناك جزءا مفقودا من المعدن . وتخترق الأشعة السينية انفجوة بسهولة . وكذلك فان الأشعة السينية تهرع الى معونة مؤرخى الفن . وتستعمل فى فحص الصبغة السميكة المتجمدة على الصور الزيتية القديمة ( لوحة ٢٧ ) . وبهذه الطريقة يتمكن الخبير أحيانا من الكشف عن عمل فنان قديم عبثت به فيما بعد يد زيفته وأخفت معالمه .



(شكل ٣٩)

القوى العاملة فى الطائرة

ان قوة دفع المحرك التى تسبب فيها آلة الطائرة عن طريق حركة الأجنحة الأمامية تحدث قوة رفع الى أعلى بميل بسيط ، وتحدث محصلة قوتها الرأسية الصعود الى أعلى ، وبذلك تتغلب على ثقل الطائرة ، بينما تحدث محصلة القوى الأفقية حركة خلفية تقاوم بالاضافة الى ما يسمى بحركة الانسياب الخلفية البطيئة قوة دفع المحرك . ان القوتين المتضادتين ليستا على خط مستقيم واحد . ولكن كل إثنين منهما تكونان عزمًا مزدوجًا ولذلك يجب تصميم الطائرة بحيث يقاوم العزمان بعضهما بعضا .

ولكن بصرف النظر عن الاستعمال الميومي لقوة اختراق الأشعة السينية ، فان اكتشافها زود رجل العلم بوسيلة جديدة كل الجدة للبحث



العلمي . واكتشف علماء الفيزياء أثناء الجهود التي بذلوها للكشف عن سر هذه الأشعة الغامضة أنه من الممكن انحرافها بواسطة صفوف الجزيئات المنتظمة الدقيقة لقطعة من البلور . وهي تشبه الضوء العادي في هذا . وقد ثبت بمثل تلك الوسائل أن أشعة أكس ليست في الحقيقة ضوءاً فحسب ، بل لقد تقرر طول الموجة أيضاً ، وفتح الطريق لفحص تركيب الجزيئات ذاته ، وكذلك لمشاهدة ما لم يستطع المجهر العادي أن يبينه .

ومكنت الأشعة السينية علماء الفيزياء أيضاً من أن يزيدوا من اكتشافاتهم عن الالكترزون . وعلى ذلك فعقب اكتشاف رونتجن بقليل أعلن ج . ج . طومسون أن للأشعة السينية قوة جعل الغاز موصلًا . أي أنها تؤين الغاز . وعلاوة على ذلك وجد أن الأيونات السالبة تعمل في الغاز الذي يتعرض لأشعة أكس كنوبات لتكوين قطرات الماء . وكانت إحدى التجارب التي أجراها ج . ج . طومسون تلخص في تعريض هواء خال من الغبار مشبع ببخار ماء بدرجة زائدة إلى التأثير التآيني للأشعة السينية . وعند جعل هذا الهواء يتمدد فجأة ، قلت درجة حرارته وتكونت سحابة من قطرات الماء . وكان من الممكن تقدير حجم هذه القطرات من سرعة سقوطها . وقد حصل طبعاً على الحجم الكلي للماء المتكاثف بسهولة حينما سقط ماء السحابة بأكمله إلى قاع الاناء . وعلى ذلك فقد أمكن معرفة عدد الأيونات أو النوبات بالحساب البسيط . وأمكن تقدير الشحنة الكلية بقياس مستقل للتيار الذي تحمله الأيونات وبقسمة هذه النتيجة على عدد الأيونات ينتج مقدار الشحنة الفردية (١) .

وقد أبدت مثل هذه التقديرات بالإضافة إلى تقديرات نسبة شحنة جسيم أشعة المهبط إلى كتلته الرأي القائل بأن الشحنة التي يحملها الالكترزون ثابتة ، وأن الكتلة تبلغ من الصغر حداً بدرجة أننا يجب أن نعتبرها جزءاً صغيراً من الذرة . وكانت هذه نتيجة بليلة الأفكار ، إذ أن الذرات قد ظلت زمناً طويلاً تعتبر غير قابلة للانقسام . ولكن كانت هناك في جعبة الأيام أشياء كثيرة أخرى مثيرة للدهشة .

#### ٤ - النشاط الإشعاعي

بعد قليل من ملاحظة رونتجن للأشعة السينية لأول مرة ، وجد الباحثون في فرنسا - وعلى الأخص مسيو ومسام كوري - أن بعض المعادن ينبعث منها أشعاع غريب . وأدى هذا بواسطة تحليلات كيميائية

---

( ١ ) وصفنا هذه التجربة بقليل من التفصيل حيث أنها مثل من أمثلة استعمال الغرفة السحابية ، التي كثيراً ما تستعمل في البحث الفيزيائي الحديث .



شاقة الى عزل الراديوم ، والبلونيوم . وجرت أبحاث على هذه المواد المسماة بالمواد المشعة فى انجلترا وفى القارة ووجد أنها تتكون من ثلاثة أنواع سميت تيسيرا بالفا ، وبيتا ، وجاما . وتتميز أشعة بيتا بأنها الكترونيات ذات سرعة كبيرة . أما اشعة جاما فقد اكتشف أنها ذات قوة اختراقية عالية وانها تشبه الأشعة السينية ، أما اشعة الفا فوجد أنها عبارة عن ذرات ذات شحنة ايجابية من الهليوم . وكان معروفا أن عنصر الهليوم موجود فى الشمس ومنها اشتق اسمه ، وعزل مع غازات خامدة أخرى فى جو الأرض ولكنه وجد الآن انه ينبعث باستمرار من كل من الراديوم ، والبلونيوم . أو بمعنى آخر ، فهناك عنصر ينتج باستمرار عنصر آخر .

ومثل هذه التحولات الطبيعية من عنصر الى آخر أثارت اهتمام العلماء فى العالم . وبعد أبحاث مضية وابتكار طرق جديدة للتجريب نجح علماء الطبيعة فى القيام بأحداث تحولات صناعية فى المعمل . وعلى ذلك فى عام ١٩١٩ لاحظ اللورد رذرفورد ( ١٨٧١ - ١٩٣٧ ) أنه حينما نقوم بامرار جسيمات من جسيمات الفا من مواد مشعة فى نيتروجين ، فانه ينتج عن ذلك تكون جسيمات مشحونة شحنة كهربية مخالفة . وقد وجد أن هذه تكون مشحونة بشحنة كهربية موجبة ، وأنها تكون جزءا من الذرة . وقد عرف فيما بعد أنها الجزء الداخلى للذرة الايدروجين ، أو النواة .

وكان لدى رجال العلم قبل هذا الوقت أدلة وافرة تجعلهم يفكرون أن الذرة فى تكوينها تشبه مجموعة شمسية مصغرة بها الكترونيات سالبة تدور حول نواة ذات شحنة موجبة تقع فى مركزها وتتكون منها الكتلة الرئيسية للذرة . وبما أن أنواع الايدروجين التى تحمل شحنة كهربية، أو البروتون كما اطلق عليها فيما بعد كان من الممكن الحصول عليها عندما تتحلل الذرات ، كان من المعقول الافتراض أن البروتونات هى التى وجدت أول الأمر ، وأن الالكترونات والبروتينات هى فى الحقيقة الوحدات الأساسية التى بنيت منها الذرة .

وقد أيدت هذه النتيجة باكتشاف النظائر - أى ذرات بخصائص كيمياوية واحدة ، ولكن ذات وزن ذرى مختلف . وكان مفروضا منذ أكثر من مائة عام قبل هذا أن كل الذرات مكونة من الايدروجين أخف المواد المعروفة . ولكن الذى دحض هذا الرأى هو أن كثيرا من العناصر لم تكن أوزانها الذرية أعدادا صحيحة وكانت هذه إحدى النتائج التى أيدت الاعتقاد الذى يتلخص فى أن كل العناصر مكونة من نفس المادة



الأولية . وقد ثبت أن عزل النظائر كان من أعظم اكتشافات العلم الحديث . وسنعود الى هذا الموضوع مرة ثانية عند مناقشة الطاقة الذرية .

ولقد تحدثنا حتى الآن عن الالكترونات بصفتها الجسيمات الأولية للمادة ، واعتبرت هذه الجسيمات بعض سنين أنها الوحدات النهائية للذرة . ولكن عثر عام ١٩٣٢ على جسيم آخر ألا وهو نواة ايدروجينية عديمة الشحنة أطلق عليها لفظ نيوترون . ولكن النيوترون لا يحمل شحنة فلا يحدث تنافر بينه وبين النويات المشحونة للذرة . ولهذا فقد هيأت النيوترونات السريعة الوسيلة لنتائج التحويل الذرى الشهيرة فى السنين الحديثة . ووجد علماء الفيزياء العاملين فى انجلترا وفى أمريكا بعد التعرف على النيوترون بوقت قليل انه من الممكن وجود وحدة كهربية موجبة ، البوزيترون لفترة قصيرة ، والبوزيترون نوع من الالكترونات الموجبة من الصعب جدا الكشف عنه .

وتتماسك البروتونات المشحونة والنيوترونات عديمة الشحنة سويا فى نواة الذرة بقوى هائلة تزيد كثيرا جدا عن قوى الجذب الكهربائية والمغناطيسية العادية . ومن المفروض لتعليل وجود هذه القوى ان يوجد جسيم آخر أخف من البروتون أو النيوترون ، ولكن أثقل من الالكترون وهذا الجسيم البين يعرف باسم الميسون . وقد ثبت وجود أربعة أنواع من الميسون من الفحص التجريبي لتلك الاشعاعات الغامضة الصادرة من الفضاء الخارجى المعروفة بالأشعة الكونية وتتكون الميسونات باستمرار ثم تتغير وذلك على خلاف البروتونات والنيوترونات ، والالكترونات . ومع ذلك تطبيقا لما لدينا من معلومات حالية ، فإن الجسيمات النهائية الثابتة هى البروتونات والبوزوترونات والالكترونات ، وهى الوحدات النهائية التى يتكون منها العالم المادى .

## ٥ - الضوء والاشعاع

لقد تركت نواحي التقدم العظيمة فى دراسة الضوء التى تمت أثناء القرن السابع عشر عديدا من المشاكل دون حل . ومع ان الناس قد عرفوا أن النور يسافر بسرعة ثابتة ، الا انهم لم يستطيعوا تفسير ظواهر كالانحراف والاستقطاب . وعلاوة على ذلك لم يتيسر فى ذلك الوقت وجود أدلة كافية لتقرير هل يعتبر الضوء سيلا من الجسيمات الصغيرة أو مجموعة من الموجات .

ومع ذلك ففي السنين الأولى للقرن التاسع عشر أبانت الاكتشافات التى تمت فى علم البصريات بدرجة لاريب فيها أنه مهما كان الضوء فان



له خواص التموج (١) أى انه يتكون من تموجات تلى بعضها بعضا فى فترات منتظمة . وقد أمكن تفسير ظواهر الانحراف والاستقطاب ، وكثير من الصعاب التى ظلت دون حل منذ أيام نيوتن وهيوجينز على أساس النظرية الموجية التى صورت فيها الموجات كأنها ناتجة عن حركة علوية سفلية فى زوايا قائمة ، أى مستعرضة على الاتجاه الذى تسير فيه الموجة .

ومع ذلك بقيت صعوبة واحدة . لقد وجد ان موجات البحر والصوت المألوفة كانت تنتشر بواسطة تحركات شىء مادي ولكن موجات الضوء كان فى استطاعتها أن تمر خلال ارجاء لا أشياء مادية بها على الإطلاق . ونتيجة لذلك شعر رجال العلم بالحاجة الى افتراض وجود أثر نافذ خلال الكون بأسره وتستخدم تحركات هذا الأثر فى نشر موجات الضوء ، بالضبط كما تستخدم تحركات الماء فى احداث موجات البحر المألوفة .

وقد أصبح الأثر باثبات مبدأ الطاقة يعتبر الوسيلة التى تختزن بها الطاقة وتنقل . وكان من المعروف مثلا أن الاشعاع الصادر من الشمس يأخذ ثمانى دقائق ليصل الى الأرض وحينما يصل مثل هذا الاشعاع الى الأرض يثير تحركات الجزيئات التى نعرفها باسم الحرارة . ولذلك كان الاعتقاد أن الطاقة المكافئة لهذه الحرارة تنقل بواسطة الأثر ، وكمثل قارب فى بركة ساكنة يتحرك بواسطة اضطراب يحدث فى النهاية القصوى للبركة ، وتنقل أمواج الماء الطاقة اليه .

وقضى رجال العلم فى القرن التاسع عشر وقتا طويلا يبحثون عن الخواص الآلية التى قد تكون للأثر حتى يتمكن من نقل الموجات . وفى العقود الأخيرة للقرن التاسع عشر فكروا فى الأثر على أنه وسيلة لا لنقل التحركات الآلية فحسب ، بل لنقل التغيرات الكهرومغناطيسية التى تتبع بعضها بعضا فى فترات منتظمة .

ولكن على الرغم من أن الأفكار عن الأثر حدث فيها تغيرات كثيرة الا أن رجال العلم مازالوا يفكرون فى الطاقة كشيء منبعث باستمرار . ومع ذلك فعند تحول القرن كشفت الأبحاث النظرية والتجريبية أن الطاقة شىء ينطلق فى دفعات وكان هذا الاستنتاج المدهش نتيجة أبحاث فى

---

( ١ ) طول الموجة هى المسافة بين نقطتين متتابتين يحدث فيهما نفس النوع من التموج ، وهى بذلك تناظر المسافة بين رأسى موجتين فى البحر . والذبذبة هى عدد الأمواج التى تلى بعضها بعضا فى نقطة واحدة كل ثانية . وعلى ذلك فان طول الموجة الطويلة يناظر ذبذبة بطيئة ، وينظر طول الموجة القصيرة ذبذبة عالية .



الاشعاع المنبعث من جسم متوهج . لقد وجد ان كل دفعة اشعاعية تناظر كمية ثابتة من الطاقة . وفي كل نوع من أنواع الاشعاع ينتج نفس العدد اذا ضربنا كمية الطاقة في الوقت الذي بين الدفعات بعضها وبعض . ويبدو أن هذا هو أحد ثوابت الطبيعة .

وتنتهي مثل هذه الاعتبارات لنا يسمى بنظرية الكم . ومن أهم الأمور التي تثير الاهتمام في هذه النظرية هي انها قد أحدثت توفيقاً بين النظريات المتنافسة للقرن السابع عشر ، وهي النظرية الموجية والنظرية الجسيمية للضوء . وقد أبانت دراسة اشعاعات خاصة أن طول كل موجة يصحبه قدر ثابت من الطاقة يتوقف على الذبذبة فحسب . وكلما عظمت الذبذبة كلما عظمت هذه الطاقة . وغالباً ما يشار الى دفعة الطاقة باسم فوتون ، أو كم الطاقة . وتنبعث الطاقة بكميات متساوية بهذه الدفعات المتتالية ، ولذلك فإن لتلك الطاقة بعض صفات الجسيمات الصغيرة المنفصلة . وعلى ذلك فإن النظرية الحديثة تعيدنا الى النظرية القديمة .

وكذلك فإن ظاهرة الانحراف التي تحدث كنتيجة طبيعية حينما نعتبر الضوء مكوناً من موجات مستعرضة اتضح حديثاً أنها لا تظهر في حالة الضوء فقط ، ولكنها تظهر أيضاً في حالة وجود سيل من الالكترونات ، ونتيجة لذلك لا بد أن نستنتج أن لسيل الالكترونات بعض صفات الموجات ، بالضبط كما يجب أن نفترض أن للضوء بعضاً من صفات الجسيمات المنفصلة . ولكن الذي يكون ما نسميه بذرّات المادة إنما هو مجموعة من الالكترونات والبروتونات . وعلى ذلك ففي هذا الامتزاج الاجمالي للفيزياء الحديثة نجد أن للمادة أيضاً بعض خواص الموجات . وتتطلب معالجة المشكلات التي تثيرها مثل هذه المفاهيم ميكانيكا خاصة يتم انجاز طرقها الآن .

ويبدو أن مناقشتنا قد أبعدتنا الآن كثيراً عن شئون حياتنا اليومية . واكننا رأينا كم من النتائج التي توصل اليها العلم الحديث قد طبقت في الحياة العملية . اننا سنؤكد مثلاً آخر فحسب . هيا بنا نرجع لحظة الى نظرية الكهرومغناطيسية . لقد كشف ماكسويل أن التغيرات في القوة الكهربائية التي تحدث بدورها تغيرات في القوة المغناطيسية تتبع بعضها بعضاً في فترات منتظمة ، أي أن لها صفة التموج . وأدى به هذا الى أن يفترض أن الضوء نفسه كهرومغناطيسي في صفته . وينتج عن هذا أن في إمكاننا الحصول على تأثيرات كهربية أو مغناطيسية من الضوء .

ولقد لاحظ فاراداي نفسه أن الضوء المستقطب يتأثر بالمجال المغناطيسي ، ولكنه لم يستطع تعليل هذه النتيجة الغريبة . وقد وضعت خلال السنين الحديثة إحدى الصلات الموجودة بين الكهرباء والضوء



المعروفة بالتأثير الضوئي الكهربى موضع التطبيق العلمى . فحينما يسقط ضوء ذو طول موجى قصير على سطح معدنى مصقول نظيف ، فان اللوح تنبعث منه الالكترونات . ويتوقف عدد الالكترونات على شدة الضوء ولذلك فان الاهتزازات فى الضوء تحدث سيالا الكترونيا بقوة متغيرة . ولو أن سلكا هبىء لتوصيل الالكترونات هذه لأمكن الكشف عن وجود هذه الالكترونات كتيار ذى شدة متغيرة . ومن الممكن جعل مثل هذه التيارات تحدث صوتا كما فى التليفون العادى . وتنشأ فى الفيلم الناطق العادى اهتزازات هوائية تتسبب عنها تحركات طفيفة فى لوح رقيق . ويوضع مصدر الضوء فى وضع مناسب تنشأ عن تحركات هذا اللوح تذبذبات ضوئية . وتكتسب هذه صفة الثبات بواسطة الطبع الفوتوغرافى على فيلم فى نفس الوقت الذى تسجل فيه حركات الممثلين فوتوغرافيا . وعندئذ يمكن استعادة الصوت بواسطة اضاءة الفيلم ، وذلك لأنه بواسطة التأثير الضوئى الكهربى تحدث الاهتزازات فى الضوء تيارات تذبذبية . وتتحول هذه كما يحدث فى الواقع الى صوت بواسطة جهاز الميكروفون المؤلف .

## ٦ - وجهة نظر جديدة فى العلم

ان العلم لا يتقدم فحسب بكشف حقائق جديدة . بل ايضا بالحافز الذى توجده طرق جديدة . ولقد رأينا كيف أن نظام كوبر نيكس ونظرية نيوتن فى الجاذبية ، والنظرية الذرية لدالتون . ونظرية الانتخاب الطبيعى لدارون كلها أمدت الناس بوحدة نظر جديدة وبذلك أوحى اليهم بتقدم جديد . وعلاوة على ذلك فان كل فكرة عامة عظيمة جديدة تضمنت اغفال النظريات التى قد استنفدت أغراضها ، فلقد رأينا مثلا كيف أن نبد النظرية السعيرية للحرارة ترك الباب مفتوحا للمفهوم الذى يتلخص فى أن الحرارة نوع من أنواع الطاقة .

ولقد تكشف فى العقود الأخيرة للقرن التاسع عشر بعض الحقائق التى لم يكن فى الاستطاعة التوفيق بينها وبين النظريات الموجودة . ونتيجة لذلك كان على رجال العلم مراجعة افكارهم ، ومراجعة تلك المفاهيم الأساسية التى تتضمن القياس العلمى كله . ولقد أدت النتائج الى نظرية النسبية .

هيا بنا نتدبر قياسا بسيطا كقياس السرعة ، فقياس المسافة التى يقطعها قطار فى مدة معينة يمكننا تقدير متوسط سرعته فى ذلك الوقت . افلنفرض أن النتيجة التى حصلنا عليها هى خمسون ميلا فى الساعة . ولكن هذه السرعة هى فقط السرعة بالنسبة لسرعة الأرض ، التى تقوم



برحلتها السنوية حول الشمس بسرعة ١٩ ميلا فى الثانية تقريبا . وقد بين نيوتن نفسه أن قياسات السرعة التى نقوم بها ليست مطلقة ، ولكنها نسبية فقط . وضرب لذلك مثلا بسفينة فى بحر ، وبين أنه على الرغم من أننا لا نعرف الحركة المطلقة للأجسام التى على ظهر السفينة ففى استطاعتنا دراسة حركاتها النسبية على سفينة متحركة ، كما نقيسها على البر سواء بسواء . وعلى الرغم مما ينجم من هذا من أن كل القياسات التى نقوم بها فى مناطقنا الأرضية تكون نسبية ، فإن نيوتن تصور أنه قد يكون هناك فيما وراء النجوم منطقة سكون مطلق .

وقد نوقشت مسألة السكون المطلق فى القرن التاسع عشر ، حينما أخذ رجال العلم يعتقدون فى وجود أثر يستخدم لنقل الضوء . ولو فكر فى الأثر كأنه فى حالة سكون مطلق لكان من المحقق استخدامه كمعيار ثابت ، وقياس السرعة التى تتحرك الأرض بها خلال الأثر . وفى العقود الأخيرة من القرن التاسع عشر جعل العلم الخاص بالبصريات بالإضافة الى نواحي التقدم التى تمت فى المهارة الفنية فى صنع الأجهزة المناسبة فى حيز الأماكن وضع هذه الفروض فى محك التجريب .

وكانت أشهر هذه التجارب تتلخص فى محاولة للكشف عما اذا كان هناك أى اختلاف فى سرعة الضوء حينما يسير ( أولا ) فى نفس الاتجاه الذى تسير فيه الأرض ( ثانيا ) حينما يسير فى اتجاه عمودى على ذلك الاتجاه . وتبدو حركة الأرض طبعا بالنسبة لأثر ثابت كاندفاع الأثر . وعلى ذلك فمن الممكن مقارنة التجربة بتوقيت حركة قارب حينما يتحرك مع التيار ، وحينما يتحرك عكسه ، وكذلك حينما يتحرك عبره . ومن المعروف جيدا أن الوقت الذى يأخذه قارب بالمجاديف فى تحركه مسافات متساوية مع التيار ثم ضد التيار أطول بكثير من الوقت الذى يأخذه عند تحركه المسافتين مجتمعتين عبر التيار .

وبدلا من تحريك قارب سمح لشعاع من الضوء أن يسير فى اتجاه تيار الأثر وضده ، وكذلك فى اتجاه عمودى عليه . ولكن النتائج أبانت عدم وجود اختلاف فى أى من الزمنين المستغرقين . وعلى ذلك فلم يتمين وجود تيار أثري ، أو بمعنى آخر ليست هناك سرعة للأرض بنسبة الأثر . وقد أعيدت مثل هذه التجارب مرات كثيرة ، وكانت الأجهزة التى استعملت فيها دقيقة بدرجة توحى لنا بالثقة فى نتائجها .

وقد فسرت نظرية النسبية التى كان انشتين المولود عام ١٨٧٩ أول من وضعها سنة ١٩٠٥ هذه النتيجة السلبية . وينتج طبقا لهذه النظرية أن الحركة المطابقة لا يمكن قياسها بأية تجربة مهما كانت . وعلاوة على ذلك فإن سرعة الضوء تبدو واحدة لجميع المشاهدين مهما كان من حركتهم



النسبية لبعضهم البعض . وهذه النظرية تدعونا الى اعادة النظر فى جميع أفكارنا عن الفضاء والزمن والجاذبية .

لقد اعتدنا أن نتحدث عن الطول والعرض والارتفاع بأنه أفقى وعمودى . ولطالما نحن باقون على ظهر الأرض فان لهذه التعبيرات معنى . ومع ذلك فلو أننا ارتفعنا فى طائرة ، فلن يكون لدينا وسيلة لتقرير ما هو أفقى وما هو عمودى . ان المطار لن يكون ذا جدوى ، اذ أن أى تغيير فى سرعة أو اتجاه الطائرة يحدث على مطارنا نفس التأثيرات التى تحدثها قوة الجاذبية . ويمكننا تمييز الطول والعرض والارتفاع فى وضعنا المقيد داخل الطائرة . ولكن حينما نطل الى الخارج ونرى السحب مندفعه صوبنا ، أو حينما نحملق الى اقطار السماء الثابتة ، فان الطول والعرض والارتفاع كذلك تفقد معناها بالنسبة لنا .

ونحن معتادون أيضا أن نفكر فى الوقت كشيء مطلق لا ينتظر أحدا ، ولكن الوقت فى الحقيقة شيء محلى يتوقف على المشاهد . وعلى ذلك فقياساتنا للوقت تتوقف على ساعات وضعت طبقا لمشاهدات فلكية . ولكن الناس الذين يقطنون كوكبا آخر لهم معدل دورة مختلفة حول الشمس ، ولذلك تختلف سنتهم عن سنتنا . وعلاوة على ذلك فان مشاهدة أية حادثة تتوقف على سرعة الضوء . ان ما يحدث على الأرض الآن قد يراه مشاهد فى جزء بعيد من الكون بعد سنوات عديدة بعد الآن . وفى الحقيقة يمكننا تصور مشاهد فى منطقة أكثر بعدا بكثير من ذلك بشاهد الآن جيوش قيصر تتحرك نحو بلاد الغال .

واذا كان الطول والعرض والارتفاع أمورا ليست مطلقة ، واذ لم يكن هناك تزامنية كونية للحوادث ، فهل فى استطاعتنا أن نجد شيئا مطلقا ؟ ان نظرية النسبية تقول ان ذلك فى طوقتنا طالما كنا مستعدين أن نغير أفكارنا عن الفضاء والزمن . ان النظرية تدعونا الى اعتبار جميع ظواهر الطبيعة كأنها تحدث لا فى فضاء ووقت منفصلين ، بل فى فضاء ووقت ممتزجين بطريقة ليست لدينا بها خبرة مباشرة .

هيا بنا نرى ما معنى هذا . لنفكر فى متزحلق على الجليد . ولو صف موقعة فى أية لحظة يمكن الاشارة الى محورين متعامدين ، ونقول انه على بعد كذا من أحدهما وعلى بعد كذا من الآخر . وفى استطاعتنا رسم عدد من النقط على ورق مربعات ، وبهذا نسجل مواقعه المتتابة . واذا كان لدينا محور ثالث عمودى على المحورين الآخرين ، يمكننا أن نرسم رسما بيانيا ذا ثلاثة أبعاد ، يمثل الثالث منها الزمن . وهكذا نحصل على سجل أكثر كمالا لما يقوم به المتزحلق ؛ اذ أننا لا نستطيع فقط أن نشين أين هو



فى أى وقت معين ، ولكن نستطيع أيضا أن نتيين المسافة التى يقطعها أثناء أية فترة زمنية ، وبذلك يحسب معدل سرعته أثناء وقت معين .

ولو أننا عوضا عن متزحلق على الجليد أردنا أن نبين ما يقوم به بهلوان يتأرجح على حبال وسلاالم ، فإننا نحتاج الى رسم بيانى ذى ثلاثة أبعاد لتبيين مواقعهم فحسب ، ونحتاج الى بعد رابع أو محور اشارة ليمثل ما يقوم به فى حينه . وليس فى استطاعتنا تكوين مثل هذا الرسم البيانى الرباعى الأبعاد .

ولكن مثل هذا الشكل البيانى هو الذى يهين لنا بالضبط نوع الشكل الهندسى الذى نحتاج اليه لتبيان ما تقوم به الطبيعة من أعمال . وتبين نظرية النسبية أن مثل هذا التمثيل ذى الأبعاد الأربعة لآى من ظواهر الطبيعة هو واحد بالنسبة لجميع المشاهدين مهما كان من بعدهم عن بعضهم البعض ، ومهما كان من سرعاتهم النسبية . والحقيقة أن النظرية ترينا أن ليس كل شىء فى الطبيعة نسبيا ، بل ان هناك أشياء معينة مطلقة فى الطبيعة تتطلب منا بحثا دقيقا متواصلا للكشف عنها .

وتضطرنا نظرية النسبية الى الأخذ بوجهة نظر مخالف للجاذبية . فبدلا من تحدثنا عن شدة الجذب كما فعلنا فى الفصل الخامس ، فإننا الآن نسقط كلمة قوة من حسابنا ونفسر ظاهرة الجاذبية على أساس الامتزاج ذى الأبعاد الأربعة للزمان والمكان .

ويؤدى قانون الجاذبية بمقتضى نظرية النسبية الى نتائج متحدة تقريبا مع النتائج المستمدة من قانون نيوتن . وتعتبر هذه الحقيقة بالطبع سندا قويا لنظرية النسبية ، اذ أن خلف قانون الجاذبية لنيوتن أكثر من مائتى عام من التحقيق . ومع ذلك فحتى فى وقت اكتشاف نبتون عن طريق حسابات قامت على أثاث نظرية نيوتن ، تبلبلت أفكار الفلكيين بواسطة عدم الانتظامات البسيطة فى مسار الكوكب عطارد . ان مداره كان معروفا بأنه قريبا جدا من بيضاوى ، ولكنهم وجدوا أن النقطة التى يكون فيها عطارد أقرب ما يكون الى الشمس تتغير تغيرا بسيطا على مر السنين . وقد وجدوا أن الجزء الأكبر من هذا التفسير ناتج عن جاذبية كواكب أخرى ويمكن تعليقه طبقا لقانون نيوتن . ولكن هذا التعليل ترك مع ذلك تفاوتا طفيفا لم يكن فى الامكان تفسيره .

وظلت هذه المشكلة العويصة دون حل حتى عرف من نظرية النسبية أن عطارد يمكن أن تتحرك بالضبط من مدار مطابق لما اكتشفته الأرصاد الفلكية . وكان هذا أول تحقيق مباشر للنظرية الجديدة . وتوالت الاثباتات الأخرى بعد ذلك . وعلى ذلك فانه يترتب على نظرية النسبية



أن الضوء القادم الى الأرض من نجم ما يجب أن ينحني عن مساره عند مروره قريبا من الشمس . ويظهر هذا الانحناء نفسه بصورة واضحة في تغير طفيف في مواقع نجوم معينة بين بعضها البعض . وقد اكتشفت هذه التغيرات لأول مرة عند حدوث كسوف كلى للشمس في مايو ١٩١٩ . ومثل هذا الاختبار عن طريق نظرية النسبية كان انتصارا أيضا للقياس الدقيق . وقد أصبح هذا في حيز الامكان فقط بفضل خطى التقدم الهائلة التي تمت في الفلك منذ بدء القرن التاسع عشر ، تقدم نجم عن رسم خرائط للسماوات بواسطة تلسكوبات أدخلت تحسينات عليها ، وباستعمال التصوير الفوتوغرافي في الأرصاد الفلكية . وعلاوة على ذلك فقد نتج عن الأرصاد التي تمت لطيف الشمس تحقيق آخر لنظرية النسبية .

وعلى ذلك فإن الاختلافات الطفيفة بين النتائج المقررة طبقا لنظرية نيوتن ، والنتائج المقدرة طبقا لنظرية أنشتين قد اختبرت تجريبيا ، ووجد أنها تثبت نظرية أنشتين . ومع ذلك فإن نظرية نيوتن تمدنا بنتائج دقيقة كافية لجميع أغراض الحياة العادية مثل التنبؤ بحدوث المد والجزر ، والحسابات التفصيلية لحركات الشمس والقمر والكواكب . وتقع الأهمية العظمى لنظرية النسبية في أنها قد أدت الى مراجعة لأفكارنا الأساسية ، وامتدنا بوجهة نظر جديدة .

ولقد رأينا كيف تغيرت الأفكار في اتجاهات أخرى منذ القرن الماضي ، وكيف نعتبر الذرة جسما مكونا من الكتلونات ، ونيوترونات ، وبروتونات . وقد يقول بعض الناس : كان الناس أيام دالتون يعتقدون في ذرات صلبة صغيرة لا يمكن انقسامها . والآن يخبرنا العلم أن الذرة نظام كهربى ، وأنه من الممكن أن تتغير الى شيء آخر . واعتدنا كذلك أن نفكر في قانون نيوتن الجاذبية كشيء فى استطاعتنا أن نضع فيه ثقتنا . والآن يبدو أن النتائج التي وصل اليها العلم ترينا أنه لا يعلل بعض الظواهر التي تكشف التلسكوبات عنها ، ولكن ربما نحاط علما فى المستقبل القريب بشيء آخر . إذن فكيف نهتدى الى ما نؤمن به ؟ أن الاجابة عن هذا تتلخص فى أن العلم لا يدعى حكما فاصلا فى أى من استنتاجاته . ان العلم يتقدم بنبد نظرية تبين عدم صلاحيتها كما يتقدم بكشف حقائق جديدة . والحكم على نظرية ما يكون حسب نفعها . ولا مرأى فى هذه الحقيقة النهائية .

ويجب أن نذكر علاوة على ذلك أن الأفكار التي نستعملها تتوقف على المشكلة المطروحة على بساط البحث . ولا تقلل الاكتشافات الجديدة عن الذرة بحال من قيمة نظرية دالتون الذرية كأعظم أداة نافعة لدى



الكيماءى ، فالذرة ما زالت وحدة غير قابلة للانقسام من ناحية التغيرات الكيماءية العادية . ولا يتوقف الكيماءى الصناعى الذى يحاول تكوين مركبات جديدة ليتدبر التركيب الكهربى للذرة ، ولا يبلبل المهندس الذى يقوم بتصميم الانفاق والكبارى افكاره بهندسة غير اقليدية . وعلى ذلك فانه على الرغم من أن العلم الحسديث يأخذ بافكارنا الى نواة الذرة ، وكذلك الى مناطق الفضاء الواقعة بين النجوم ، الا أننا مازلنا بالنسبة لمشاكلنا العادية نحفظ بأقدامنا على الأرض .



## الفصل الرابع عشر قوة جبرية ومواد جبرية

### ١ - مظاهر العلم الحديث

لقد رأينا ونحن نسرد قصتنا كيف انتزع رجال العلم من الطبيعة بعض أسرارها ، وكيف أن عاملا قد مهد الطريق لآخر ، وكيف أن إشارة تركها أحد الناس آتت ثمارها فيما بعد في تفكير شخص آخر . لقد نما العلم في الحقيقة عن طريق جهود كثير من العاملين ولكن تعاون الجهود اليوم أمر حتمي على مدى لم يكن معروفا في الأزمان السالفة . لقد كان في استطاعة شخص كبريستلى أو شخص كدالتون أو فاراداي أن يعمل بمفرده مستعملا آلات من صنع يده . ولكن على الرغم من أن مسبق الاكتشاف العلمى كان كما هو الآن النبوغ الفردى ، إلا أن الباحث اليوم مهما كان من عظمة حماسه المتقدم قد يصبح لا حول له ولا قوة بدون مهارة الصانع الكيميائى وصانع المعادن والمهندس . لقد مضت من أزمان بعيدة أيام المفتاح ، والطائرة الورقية ، وقطعة الخيط (١) . أن رجل العلم اليوم قد يحتاج الى امدادات من أنحاء بعيدة من الأرض زيادة على الأجهزة المقامة فى بناء متسع والتي ترعاها هيئة من الفنيين . وقد تكون التقديرات التى تقوم عليها الأبحاث الحديثة فوق متناول القوى الرياضية لجهود فرد واحد ، ونتيجة لذلك قد يحتاج الى معونة جهاز معقد يطلق عليه غالبا اسم المخ الكهربى . وهو يتركب من شبكة من الدوائر يمكن بواسطتها توزيع النبضات الكهربائية واختزانها . ولا يجب فحسب أن يقوم جهاز أوتوماتيكى ، حتى ولو ابتكره الانسان ، بالعمل

---

(١) المواد البسيطة التى جلب بها بنجامين فرانكلين (١٧٠٦ - ١٧٩٠) الكهرباء من السحب وبهذا كشف عن طبيعة البرق . وقد ذكر لورد برغام ( ١٧٧٨ - ١٨٦٨ ) حيسا كان بحث على مراعاة الاقتصاد الشديد فى الاتفاق على معاهد الميكانيكا فى أوائل القرن التاسع عشر جهاز فرانكلين القليل التكاليف .



الآلى ، اذ غالبا ما تحتاج الأبحاث الحالية فريقا من العاملين ، كل فى اختصاصه .

## ٢ - الظواهر السطحية

انه يبدو غريبا لأول وهلة أن تكون دراسات عالم الفيزياء لفقاعات الصابون وللأغلفة السائلة ذات عون للخزاف فى حرفته التى استمرت أبد الأبدىين . ولكن حلقة الاتصال هى دراسة الشد أو التوتر السطحي كما يسمى ، وهو الذى يجعل فقاعة الصابون تماسك . وبنفس الطريقة يغلف اناء الفخار الذى ألقى حديثا فى دولاى الخزاف بطبقة رقيقة جدا تجعله يحتفظ بشكله . وتتكون هذه الطبقة الرقيقة من جسيمات منناحية فى الصغر ، أو مخلوط غروى كما يسمى . والاحتفاظ بشكل مثل هذا الاناء الخزفى وجفافه مسائل تتعلق بالتوتر السطحي . وعلاوة على ذلك فقد تبين أن الخاصية المميزة للخزف التى يمكن تشكيله بها تتوقف على حجم الجسيمات الغروية . ولقد تعرض العلم لهذا بابتكار طرق لمعرفة عدد الجسيمات فى المخلوط الغروى فى الخزف . وقد تسبب عن هذا درجة من الرقابة على المنتجات التى تم صنعها اكبر مما تسمح به الطرق التقليدية لهذه الحرفة .

ولدراسة الفقائيع والرقائق علاقات هامة بطريقة مستعملة فى عزل خامات المعادن . وتعتمد تلك الطريقة على الاختلافات فى التوتر السطحي لمواد مختلفة فى الخام المسحوق حينما يكون ملامسا لسائل . ويمكننا مقارنة هذه العملية بعملية المطهرات الحديثة التى تعرص ربة البيت حرصا شديدا على شرائها . ان الماء ينزلق على أية مادة شحمية كما ينزلق على سطح بطة ، ولكن المطهر يزيد من قوة بلل الماء . وبمعنى آخر ينقص من التوتر السطحي . وينجم عن ذلك أن تتبلل الملابس التى تغسل بسرعة ، وتطفو القذارة بعيدا عنها . وكذلك فحينما يضاف عامل مناسب محدثا رغوة الى خام مختلط بماء ويحرك المخلوط كله تحريكا تاما ، فان بعض الجسيمات تتجمع حول الفقاعات وترتفع الى السطح ، بينما تتبلل الأخرى وتغوص الى أسفل . ان العلم يمدنا بالعوامل الرغوية ، وقد ثبت أن هذه الطريقة طريقة اقتصادية بدرجة كبيرة بالنسبة لعدد كبير من الخامات .

ولفحص الأغلفة الرقيقة الأخرى - أى تلك الأغلفة التى على سطوح المعادن - علاقة بمشاكل اقتصادية خطيرة ، مشاكل الصدأ والتآكل (١) .

---

( ١ ) قدر المرحوم السير روبرت هادفيلد الخسارة السنوية الناتجة مما يحدثه الصدأ فقط فى العالم من اتلاف بحوالى ستمائة مليون جنيه .



ونأخذ مثل هذه العمليات مجراها دون أن تظهر للعيان بدرجة أنه قد يتسبب عمود محرك متآكل في بطء حركة سفينة ، أو حتى تتسبب دعامة صلبة صدئة في انهيار جدار . لقد أدركت خطورة المشكلة منذ زمن طويل . وقد أوحى مشاهدتنا التآكل غالبا بجوار الشقوق ، والوصلات المبرشمة ، والوصلات الملحومة ، وعند نقط اتصال المعادن المختلفة بأن السبب ربما يكون كيماويا كهربيا في نشأته .

وقد أيد البحث العلمى هذا ، وأبان أن ميل معدن للتآكل يمكن التعبير عنه بأعداد ذات علاقة بالحالة الكهربائية بين المعدن والهواء أو المحلول المتصل به . وعلاوة على ذلك فقد ثبت أن سطوح المعادن التى تتعرض للهواء الجاف تكسى بغلاف رقيق سمكه سمك طبقة أو طبقتين من جزئيات المادة . وهذا الغلاف الرقيق جدا يصبح وقاية ضد التآكل ، وبذلك يكتسب المعدن ما يسمى بالحالة السلبية . وبصرف النظر عن الفائدة الجوهرية لمثل هذه الدراسات ، فإنها قد أدت الى عدد من الطرق يمكن منع التآكل بواسطتها . وتتلخص إحدى هذه الطرق التى قد نطلق عليها الهجوم الكيماوى الكهربى المباشر فى إيجاد رسوب تحليلى كهربى مضاد تماما فى أثره للرسوب الذى قد ينتج عن التآكل . وهذا فى المبدأ شبيه بتكوين خلية فولتية يوقف الرسوب فيها تيار خارجى ، وكذلك ما ينتج عن ذلك من تآكل أحد الأقطاب .

وتتلخص طرق أخرى فى اعداد معادن تقاوم التآكل مثل ألواح صلب للسفن تحتوى على ١٦٪ من النحاس ، ٧٥٪ من النيكل تقاوم أثر ماء البحر أكثر من الألواح الأخرى . ويمكن اعداد الأغلفة المعدنية الواقية لبعض الأغراض بواسطة الزنك أو الألمنيوم على هيئة مسحوق ملامس للسطح المصنوع من الحديد أو الصلب . وبهذه الطريقة يدخل المعدن الواقى الى الشقوق . وقد ثبت أن هناك أنواعا معينة من التآكل الذى يتم تحت سطح الأرض لأنابيب المياه والأنابيب الأخرى ناتجة عن بكتيريا تواصل أوجه نشاطها المهلك فى أنواع التربة الطفيلية التى تزخر بها بريطانيا العظمى . وعلى الرغم من أنه قد أمكن معرفة هذه البكتيريا بواسطة المجهر الالكترونى (١) ، إلا أنه لم تكتشف لآن طرق فعالة لمحاربتها .

أن فحص أنواع التربة تحت المجهر وقياس الأغلفة الرقيقة التى توجد على سطح المعادن قد يتلهمى بذكرها المتفرج العابر . ولكن النتائج

---

(١) جهاز معقد تتجمع بواسطته حزمة الكترونية فى بؤرة بواسطة مغنطيسات كهربية، يعطى تكبيرا أكبر بكثير من تكبير أعظم الميكروسكوبات البصرية قوة .



التي توصل الانسان اليها ذات اثر بعيد المدى فى حل المشاكل الاقتصادية ، وكذلك فى ايجاد طرق جديدة للبحث . والحقيقة أن كثيرا من الأعمال الحديثة تتميز بدراسات دقيقة وبالفحص الدقيق للانحرافات عن القواعد المسلم بها عامة . ويتضح هذا على الأخص فى الدراسات الحديثة المتعلقة بعلم الفضاء ، تلك الدراسات التي سنتحدث عن بعضها فى الصفحات التالية .

### ٣ - التوربين النفاث

ان التقدم الذى أحرزه الطيران منذ أول رحلات طيران قام بها الاخوان رايت منذ خمسين عاما أدى الى النجاح المتعدد النواحي الذى أحرزته الطائرات الضخمة النفاثة ذات المحركات الأربعة ، الكوميت دى هافيلاندر ، انما هو سجل لجهود مضمينة لتصميم آلة ذات شكل ومادة مناسبة مع المراعاة اللائقة لميكانيكا السيارات . انه سجل تميز بكثير من التجارب ، وكثير من مرات عدم التوفيق ، دعمه استقصاء علمى دقيق ، وعصديته روح مخاطرة لا تقهر .

ولقد ظل اكتساب القدرة على الطيران أمنية الانسان ردحا طويلا من الزمن . وعلى الرغم من ذلك فان صاحب المزامير (١) لم يكن فى وسعه الا أن يتنهّد أسفا لعله يعار أجنحة يمامة يطير بها . وهلك ايكاروس (٢) نتيجة مطامحه . وقد نجمت أول رحلات طيران ناجحة عن الالمام بمقاومة الهواء من جهة ، ومن جهة نتيجة الالمام بقوة الرفع الى أعلى وما نجم عن ذلك من بناء طائرة ذات شكل وثقل وقوة مناسبة .

ان قوة الجو الرافعة لسطح مستو يتحرك افقيا قد استعملت بالطبع بواسطة أجيال من الصبية حينما كانوا يدفعون بطائراتهم الورقية لتسبح فى الهواء . وقد تأيد مبدأ الرفع هذا بواسطة بيرونولى ( ١٧٠٠ - ١٧٨٢ ) الذى خلد اسمه بواسطة مبدئه المشهور - الذى يتلخص فى انه حينما تزداد سرعة تيار سيال فى أية نقطة ، فان الضغط عند تلك النقطة يكون أقل من الضغط فى اتجاه انسياب التيار . وقد عرف بيرونولى أن الهواء يقاوم الأشياء التى تتحرك خلاله ، ولكنه كان يعتقد

---

( ١ ) داود عليه السلام ( المترجم )

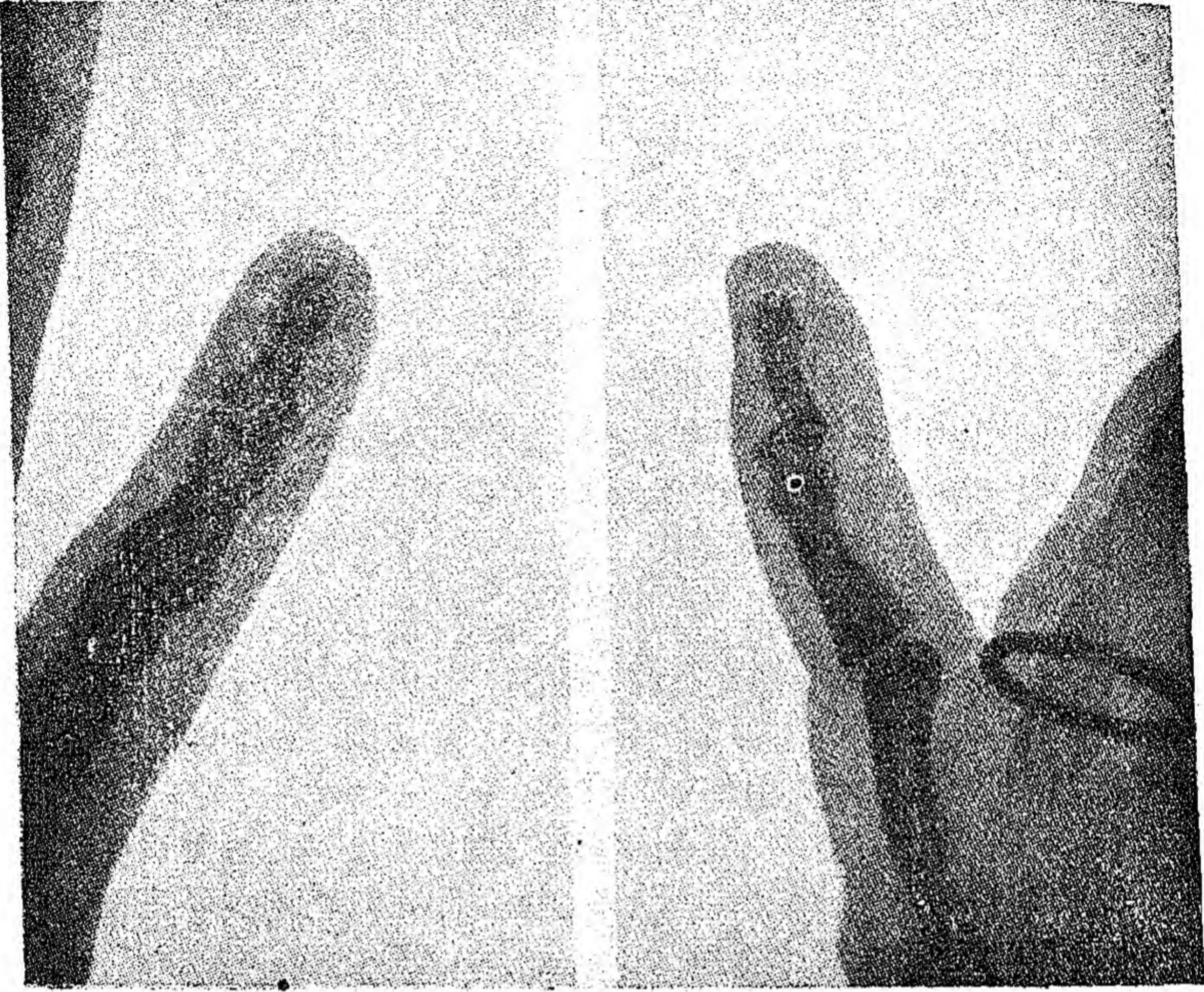
( ٢ ) ايكاروس حسب الاساطير الاغريقية هو ابن دادالوس الذى كان صائغا تميز بالدهاء ، طار هو ونجله ايكاروس بواسطة أجنحة ثبتت فى اكتافهما بشمع من كريت الى ايطاليا . لقد وصل دادالوس سالما ، ولكن ايكاروس طار حتى صار على مقربة من الشمس التى اذابت الشمع فسقط الى البحر . ( المترجم )





استخدام الأشعة السينية في فحص صورة - رأس انسان الفنان انتونيو لوفيا مسينا (حوالي ١٤٦٠ - ١٤٧٩) في الضوء العادي وتحت الأشعة السينية .  
ويلاحظ أن كلتا العينين في الصورة قد غيرتا . وتدل البقعة البيضاء في الجبهة على  
تصليح . وتظهر تجزئة اللوح الخشبي اذ كان الاشعاع رقيقا جدا  
( معاد تصويرها بعد اذن كريم من المشرفين على صالة العرض القومية ، لندن )





صور أشعة سينية لأصبع انسان امامية خلفية وجانبية  
تبين الصورة اليمنى وهي الصورة الجانبية كسر قديما في المفصل الأعلى



أن جسيمات الهواء حرة أن تتحرك بين بعضها البعض بدرجة أن إحدى الطبقات لا تستطيع إعاقة طبقة مجاورة عن الحركة . وبمعنى آخر اعتقد أن الهواء لا لزوجة له .

وعلى الرغم من أنه عرف اليوم أن هذا الفرض فرض غير صحيح ، إلا أنه لم يكن مصدر خطأ خطير حتى حلت أيام الطيران عبر الفضاء . ولكن حينما بدأ المهندسون يمحضون الهواء بمحركات طائرتهم ، تحتمت دراسة لزوجة الهواء . لقد تحقق عندئذ أن لزوجة انسيات الهواء هو الذى يجعل طيران الطائرة ممكنا . وهذا الانسياب الناتج عن ضغوط فى طبقة الهواء المحيطة بالطائرة من جهة ، ومن جهة إلى الدوامات الهوائية التى تتكون فى أثر التيار المنساب فوق الأجنحة يجب أن يكون ذا قدر يمكن السيطرة عليه لكى تكون هناك قوة رفع مناسبة بواسطة المحرك وأقل قدر من الهواء المطروح ( شكل ٣٩ ) وقد وجه الكثير من الأبحاث التى تمت حديثا إلى تصميم سطح انسيابى تتوفر فيه هذه الشروط .

وإثناء سنى الحرب ( ١٩٣٩ - ١٩٤٥ ) أثار نبأ اختراع الطائرة النفثة المقاتلة التى تستخدم توربينات غازيا مستغنية بذلك عن آلة الاحتراق الداخلى والمحرك اهتمام الرأى العام . ويرجع الفضل الأكبر فى نجاح المحرك النفث كما يسمى الآن إلى جهود قائد الأسراب ( الآن السير ) فرانك هوتيل .

إننا نعرف من المعلومات التى استقينها (١) أن السير فرانك هوتيل خطرت فكرة استعمال توربين للتريك النفث ببالة ، وقام بتسجيل اختراعه بعد ذلك بعامين ، ولكنه حينما أراد إثارة اهتمام وزارة الطيران لم تلق فكرته تشجيعا . وفى عام ١٩٣٦ كونت شركة ، تدعى شركة القوى النفثة المساهمة ، برأس مال أساسى قدره ٢٠٠٠ جنيه للبدء فى المحاولات التجريبية . وبعد ذلك بثلاثة أعوام اعترفت وزارة الطيران أن هوتيل قد وضع أسس آلة طيران عملية . وبعد ذلك لقي هذا المشروع تعظيدا رسميا ، وتم إنتاج آلات مناسبة على مدى أوسع .

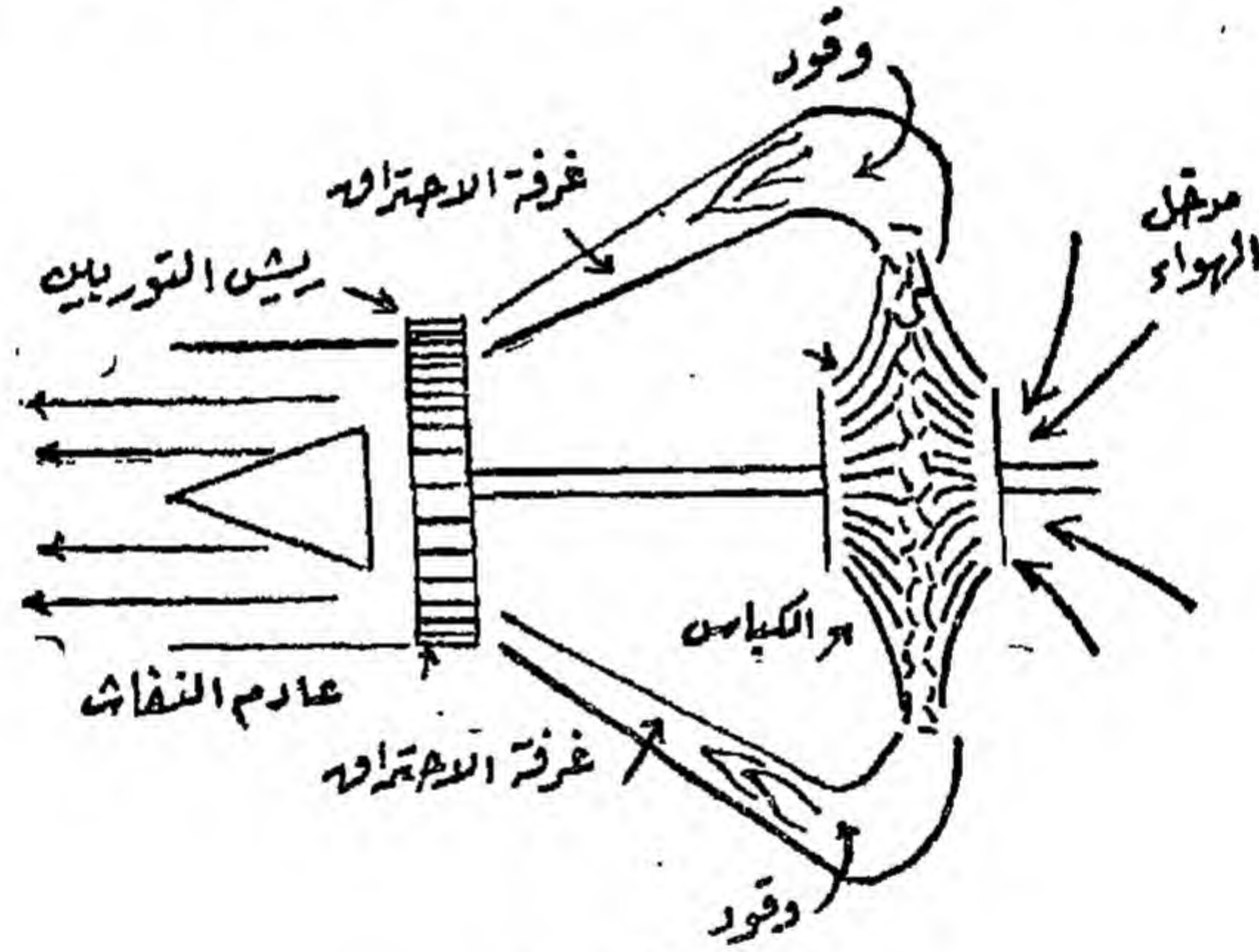
ويتكون التوربين الغازى فى جوهره من جزأين أحدهما ريش التوربين المحملة على عمود والآخر وحدة كبس محملة على نفس العمود ، هذا بالإضافة إلى منافذ مناسبة لإدخال الوقود ، واسطوانات لاحتراقه

---

( ١ ) من « التاريخ الاول لتوربين هوتيل الغازى للتريك النفث » ، بواسطة قائد الأسراب ف . هوتيل ، من سجلات معهد المهندسين الميكانيكيين ، مارس ١٩٤٦ ، ص - ٤١٩ .



( شكل ٤٠ ) . وعند استعمال توربين الغاز في الطائرات النفاثة يؤخذ الهواء من الغلاف الجوي الى الداخل مارا خلال أنابيب في مقدمة جسم الطائرة ، وبعد ذلك يمر خلال موزع الى الكباس ، حيث قد يرتفع الضغط من ١٥ رطلا على كل بوصة مربعة الى ٣٥ رطلا ، وبارتفاع مناسب في درجة حرارة ناتج عن المكبس . وبعد ذلك يمر الهواء المضغوط الى غرف الاحتراق حيث يغذى لهب زيت برافين دائم الاشتعال . وضغط الغازات الخارجة من غرف الاحتراق هذه هو ٥٨ رطل على البوصة المربعة ، ودرجة حرارتها ٨٠٠ مئوية ، وسرعتها تزيد عن ٥٥٠ قدم في الثانية . وتمر هذه الغازات السريعة الحركة خلال ريش دليلية الى ريش التوربين التي تحرك العمود المتحكم في الكباس . وتخرج الغازات الحارة بعد ذلك مرة خلال فونية في ذيل الطائرة مصممة تصميمًا مناسبًا بحيث تكون تيارا نفثا ذا سرعة عالية ، يتسبب عن رد الفعل لتحرك الطائرة .



( شكل ٤٠ )

رسم توضيحي لتصميم المحرك النفاث

والمبدأ المطبق في هذا بسيط مثله مثل أى اختراع آخر من الاختراعات الكثيرة . فنحن نعرف من قانون نيوتن الثالث أن الفعل ورد الفعل متساويان ، وعلى ذلك فإذا ألقى شيء من جسم حر في تحركه ، فإن ذلك الجسم يرتد في الجهة المقابلة . ويمكن توضيح هذا بعمل ثقب دبوس في منطاد مستطيل الشكل من مناطيد لعب الأطفال . ان هذا البالون يتحرك عندئذ في اتجاه مضاد للاتجاه الذي يسلكه الغاز النافذ . وفي حالة المحرك النفاث تكون سرعة الغازات عند خروجها سرعة هائلة ، ولكن صغيرة الكتلة ، بيد أن كتلة الطائرة كبيرة نسبيا



ونتيجة لذلك تكون سرعتها أقل ، وذلك لأن كمية تحرك الطائرة وكمية تحرك الغاز المنطلق متساويان طبقا لقانون نيوتن .

ولكن على الرغم من أن مبدأ رد الفعل معروف تماما ، فإن تطبيقه فى الطائرات لم يتطلب ذكاء خارقا فقط كذكاء هوتيل ، ولكنه يتطلب أيضا معونة الصناعة المعدنية الحديثة لاعداد سبيكة صلب تقاوم درجات الحرارة المرتفعة والضغط العظيمة التى تنشأ عند تشغيل التوربين . وعلى الرغم مما أحرز من نجاح ، فإن البحث مازال متواصلا بغية ادخال تحسينات على ذلك .

وكانت الطائرة النفثة الوحيدة التى استخدمت فى حرب ١٩٣٩ - ١٩٤٥ هى الطائرة المطاردة النفثة جلوستر . انها صنعت جميعها من المعدن ، وزودت بمحركين نفثيين (١) . ومنذ ذلك الوقت تم تقدم أكثر فى الآلات النفثة ذات السرعة العالية ، وكذلك فى آلات الغاز التوربينية المستعملة فى تحريك المحركات والمسمات بالمحركات التوربينية . ويبدو ان المحرك النفث أكثر ملاءمة للسرعات العالية جدا ، بينما المحركات التوربينية أكثر كفاءة فى السرعات المنخفضة نوعا ولكن لمسافات طيران أطول . وقد استعمل التوربين الغازى فعلا فى سويسرا فى القاطرات ، وفى توليد قوة كهربية للصناعة . وعلى الرغم من التكاليف الباهظة للوقود السائل فى بريطانيا ، فإن الخطط قائمة على قدم وساق لاستعمال توربينات الغاز كالمحركات الأولى فى محطات توليد الكهرباء .

#### ٤ - المواد الانشائية

من المعترف به الآن أن الانسان أقل اعتمادا على المواد الخام التى يجدها حوله عما كان عليه فى الأيام السالفة ، وانه أكثر اقتدارا على صنع مواد ذات خواص يريدها . وليس هناك من مجال يظهر فيه هذا أكثر جلاء من مجال الصناعات المعدنية . لقد هيأت الكيمياء الحديثة للانسان سيطرة على خواص الصلب تمكنه مثلا من صنع صلب ذى درجة صلابة خاصة وصلب من الممكن سحبه ، وآخر مقاوم للتفجيرات الكبيرة فى درجات الحرارة . ويمكن بمثل أنواع الصلب هذه صناعة التوربين الغازى ، والتوربين البخارى ، وآلة الاحتراق الداخلى ، وكل العدد وآلات القياس المستعملة فى الصناعة الحديثة .

---

( ١ ) يجب أن نتذكر أن ف . ١ - أو القنبلة الطائرة الألمانية - كانت عبارة عن طائرة نفثة . كان الانفجار الناتج عن بنزين غير جيد النوع ينتج ضغطا هائلا ، وكانت الغازات المشتعلة تنطلق بسرعة عالية تسبب دفع الطائرة الى الأمام .



وكان الصلب المستعمل فى صنع انصال السيوف فى دمشق القديمة يطرق باليد . وقد تلقن الناس خلال القرون هذه الطريقة على يد صناع مهرة ، ولكن الخطوة الأولى نحو انتاج الصلب على مسدى واسع لم تحدث حتى منتصف القرن التاسع عشر حينما أبان سير هنرى بيسمر ( ١٨١٣ - ١٨٩٨ ) كيفية امكان انتاج الصلب بضمن رخيص . وكانت عملياته تتكون من امرار تيار هواء تحت ضغط خلال الحديد الحام الغشيم الذائب ، يتحد بواسطته الكربون والسليكون - اللذان يكونان الشوائب الرئيسية - مع اكسجين الهواء . وقد رفع هذا التأكسد الذى حدث فى كتلة المعدن كلها درجة الحرارة بدرجة عظيمة ، ونتج عن ذلك صلب بعد تيار استغرق فترة قصيرة جدا . وقد برهنت هذه العملية على بساطتها وقلة تكاليفها .

ومنذ أيام بيسمر اتسع انتاج الصلب اتساعا هائلا . وقد حدثت تعديلات فنية ، وأصبح من الميسور الآن الحصول على اصناف كثيرة من انواع الصلب للأغراض الخاصة . وقد انتج الصلب المشهور الذى لا يصدأ لأول مرة كسبيكة صلب بسيطة بها نسبة متوسطة من الكربون و ١٤ ٪ من النيكل ، و ١٨ ٪ كروم . وهذا النوع من السبائك يقاوم التآكل ، وهو اقل صلابة من الصلب المستعمل فى الآلات القاطعة ، ولكنه مناسب بدرجة عظيمة لصناعة ادوات مثل حوض الغسيل الحديث المصنوع من صلب لا يصدأ .

ولصناعة آلة قاطعة تعمل بسرعة عظيمة يتحتم وجود صلب على درجة خاصة من الصلابة وازضافة معدن التنجستون بنسبة تصل الى ١٨ ٪ ، وكروم بنسبة تصل الى ٤ ٪ تعطى صلبا يحتفظ بحده القاطع حتى حينما يعمل فى درجة الاحمرار الحرارى . وسبائك صلب ، نيمون ٨٠ ، التى تتطلبها صناعة الريش المتحركة لآلة التوربين النفث، مقاومة للحرارة بدرجة خاصة . وهذه المواد هى نتيجة أبحاث معقدة فى الانشاءات المعدنية التى تتطلب تحليلا بواسطة الأشعة السينية وكل ما أبدعته الكيمياء الحديثة من وسائل .

ويستعمل صلب ذو نسبة كربون منخفضة او «لين» لأغراض انشائية كثيرة - ألواح السفن والكمر ، والروافد ، واطارات الصلب التى تشيد حولها المباني الكبيرة . ومع ذلك فان سبائك ألومنيوم معينة تدخل الآن محل الصلب فى الانشاءات السقفية وأنباب الصقالات التى تصنع من سبيكة ألومنيوم قوية بدرجة كافية ، ولكنها أخف من الصلب ومن شأن هذه الخفة أن تقلل بدرجة كبيرة من تكاليف النقل والبناء . ويصير الألومنيوم لنا هو وسبائكه فى درجة حرارة تبلغ ٥٠٠° مئوية



حينما يدفع تحت ضغط خلال قالب ( اسطمبة ) ، وهي عملية تعرف بعملية الاسقاط . وبهذه الطريقة يمكن بسهولة انتاج أجزاء بشكل مرغوب فيه ، وبهذا تكون ملائحة للبناء العاجل . وكانت تتكون كثير من المواد التي استعملت في الانشاءات الزخرفية لمعرض بنك ساوث الذي أقيم سنة ١٩٥١ من سبائك الألومنيوم .

والطائرة الحديثة بسطحها الأملس وأجنحتها ذات الحواف الحادة هي بالطبع في ميسيس الحاجة الى مواد خفيفة قوية . ويستعمل مهندس الطائرات إحدى السبائك المسماة بالسبائك الخفيفة . وأهم هذه السبائك سبيكة الدورالومين التي تتكون من ٩٥٪ ألومنيوم و ٤٪ نحاس ، و ٥٪ منجنيز ، و ٥٪ زنك . واحداث تغييرات في تركيب هذه السبائك الخفيفة وفي معالجتها بالحرارة ينتج مواد ذات قوة عظيمة . والمنجنيز هو أحد مكونات كثير من هذه السبائك . وانه لما يشير الاهتمام ان نلاحظ ان النقص في كميات المنجنيز أثناء حرب ١٩٣٩ - ١٩٤٥ اضطر الكيميائيين الصناعيين في بريطانيا العظمى الى أن يعودوا الى الطريقة البدائية لتبخير ماء البحر ليستخرجوا من ملح البحر الناتج العشرة في المائة من كلوريد المنجنيز الذي يحتويه هذا الملح . وقد استعمل هذا حينئذ في الحصول على منجنيز نقي . وكان لابد من تبخير ملايين الأطنان من ماء البحر ، ومع ذلك فقد ثبت نجاح هذه الطرق اقتصاديا .

وخلال الثلاثين سنة الأخيرة حلت الخرسانة المسلحة أي خرسانة من اسمنت بورتلاند مقواة بواسطة اسياخ من الصلب محل الحجر والاجر والخشب في البناء . وتتكون الخرسانة من مزيج من حجارة صغيرة ورمل ، وماء ومادة اسمنتية مصنوعة من الجير والطفل . ويصب المخلوط وهو في حالة لينة في قوالب من خشب أو صاج محتوية على اسياخ التسليح . ويساعد الصلب على تماسك الخرسانة بعضها من بعض ، ويتصلب المخلوط كه الى كتلة تشبه الصخر .

وتقاوم الخرسانة المسلحة الضغط وتستعمل في انشاء الطرق ، والكباري ، والانابيب وانابيب المجاري ، وكذلك في الأسقف والروافد والأرضيات . وغالبا ما تباع مصبوبة بالفعل لروافد الأبنية . والبناء بالخرسانة المسلحة قوى ، وضد الحريق . ولقد عود استعماله سكان المدن على العمارة التي تمتاز بالبساطة التامة . وتمكن المواد الحديثة الناس من البناء دون استعمال القوس التقليدي والأعمدة الرافعة التي كانت ضرورية أيام البناء بالحجر . ويميل المهندسون المعماريون الى أن يفكروا فحسب في المواد الانشائية التي يستعملونها . وفي استعمال الأشكال الزخرفية التي يمكن صنعها في قوالب مثل الخرسانة ذاتها ،



والتي لا تبدو أنها من عمل أزميل النحات . وهو يستغنون عادة في حالة الأبنية البسيطة عن الزخرفة تماما ويستخدمون طريقة معمارية من خطوط مستقيمة خالية من الأقواس ، وغير مثقلة بزخرفة لا لزوم لها .

## ٥ - اللدائن

لقد صاحبت الاتجاهات صوب قدر أعظم من البساطة في التصميم المعماري تعديلات في الأجهزة المنزلية ، وسهل انجاز التصميمات الحديثة انتاج نوع جديد تمام الجودة من المواد سمي باللدائن ( المواد البلاستيكية ) وهذه المواد التي تتضمن المواد المستعملة في صناعة مقابض السكاكين ، والفناجين وأطباقها ، وأجهزة التليفون ، ومواد التنجيد ليست لدنة بمعنى أنه يمكن تشكيلها باليد كالخزف أو البلاط . ولكن على الرغم من ذلك ، فإن كثيرا منها في مرحلة من مراحل انتاجها تشكل بتأثير الحرارة أو الضغط أو السحب فيتكون منها خيوط رفيعة . ولذلك فما زال اسم اللدائن يطلق على الناتج النهائي .

ويبلغ عدد اللدائن المدونة في سجلات الصناعة الآن عدة مئات ، يشبه بعضها الراتينجات الطبيعية ويشبه بعضها المطاط ، ولكنها مدينة كلها بخواصها الخاصة الى اتحاد مركبات الكربون سويا مكونة بذلك سلسلة طويلة من مجموعات جزئية متشابهة تسمى البوليمارات . ويتكون السيلولوز مثلا وهو بوليمار طبيعي من سلسلة طويلة من وحدات الجلوكوز . ولو تصورنا جزيئات الجلوكوز مصطفة بجانب بعضها بعضا مع تفاعل مجموعات الأدروكسيل وإزالة الماء فأننا نحصل على صورة لسلسلة السيلولوز . واستعمل الكيميائيون السيلولوز أساسا لاشتقاق أعدادا كبيرة من المركبات الأخرى بإحلال مجموعات أخرى من الذرات محل الأدروكسيل . وعلى ذلك فبادخال مجموعة نيتروجينية ( ن أ ٢ ) على جزيء سيلولوز ينتج النيترو سيلولوز الذي عندما يعالج بالكافور والكحول يترك بعد التبخر كتلة قرنية تعرف باسم السيلولويد (١) وتستخدم هذه كبديل رخيص للعاج ، كما يصنع منه صحائف رقيقة تستخدم في صنع الأفلام السينمائية .

ويحتفظ السيلولوز بأهميته كمعدل أساسي في صناعة اللدائن . ولكن معرفة الكيميائيين بتركيبه السلسلي كانت حافزا لهم على البحث

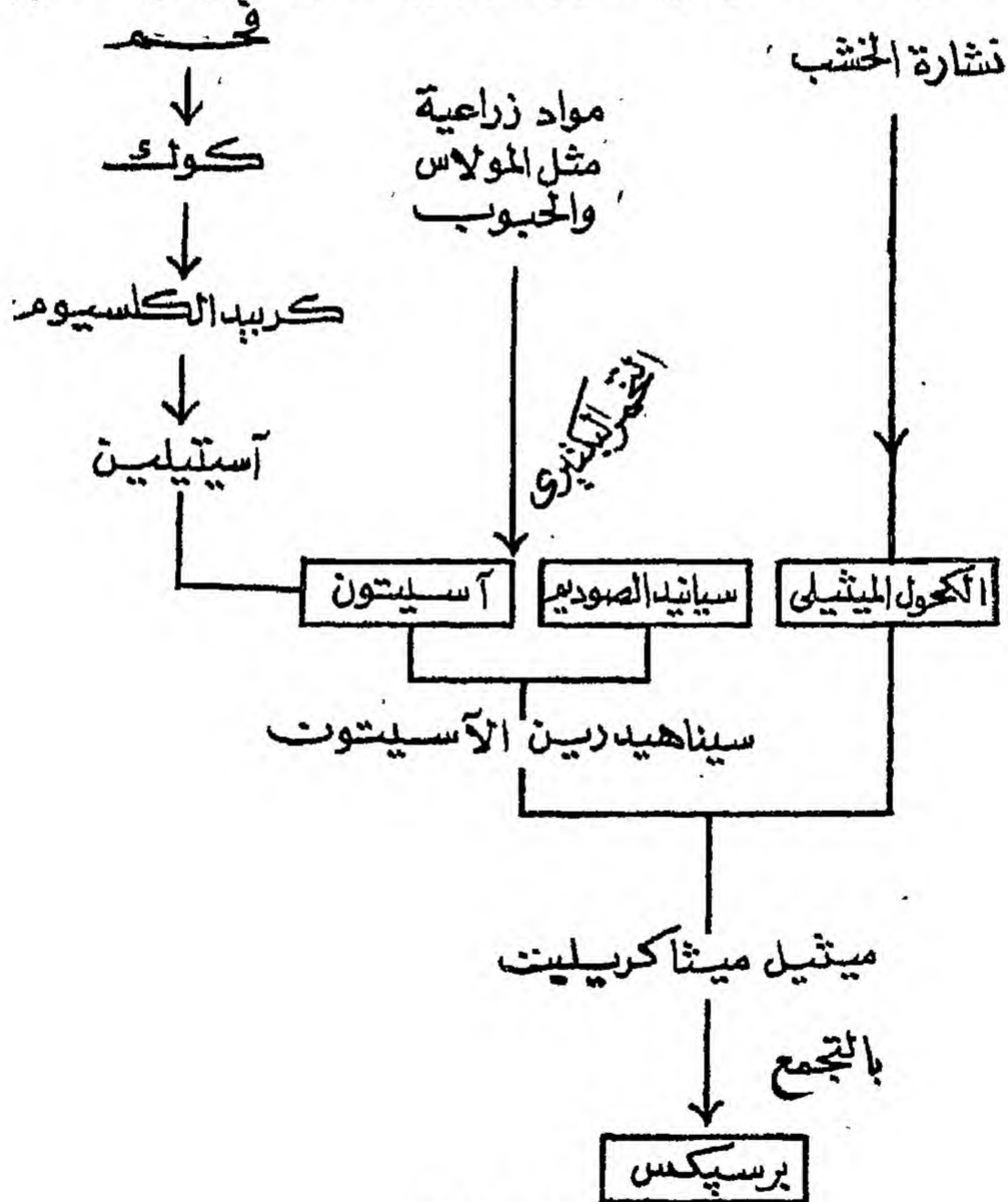
---

( ١ ) السيلولويد مادة صلبة شفافة من السيلولوز والكافور . وتصنع الأمشاط وأدوات الزينة ، آلات التصوير والأفلام غالبا من السيلولويد الأبيض أو الملون ( المترجم ) .



عن مواد ذات خواص مشابهة . وفي خلال العشرين سنة الأخيرة صنعت أعداد كبيرة من البوليمارات من أيدروكربونات بسيطة . واحد هذه البوليمارات الاصطناعية ، واسمه التجاري بوليثلين ، هو بوليمار اثيلين أيدروكربوني ناتج عن تعرض الاثيلين لضغط عال مع وجود مادة حفازة ، أنه خفيف الوزن ، وعازل كهربى تام لا ينفذ الماء خلاله اطلاقا .

ومثل آخر من أمثلة اللدائن الاصطناعية التامة ، يعرف بالاسم التجاري برسبيكس الذى يشمل قدرا كبيرا من المواد الشبه زجاجية . وأحد اللدائن الهامة فى مجموعة البرسبيكس هو بوليمار ميثيل الميثاكريليت ( شكل ٤١ ) المشتق من الأسيتون وميثيل الكحول . ويمكن الحصول



( شكل ٤١ )  
مصادر البرسبيكس



على هذه المواد على نطاق واسع من الموارد الطبيعية . ويشترك الآسيتون من الآسيتيلين المصنوع من التخمر البكتيرى للمولاس أو من الفحم بطريق غير مباشر . وعلى الرغم من أن الكحول الميثيلى غالباً ما ينتج صناعياً إلا أننا نحصل عليه من المواد العادمة للخشب كالنشارة مثلاً .

وبوليمار الميثيل ميثاكريليت ذو درجة شفافية عجيبة ، إذ يمكن رؤية الأشياء خلال شريحة منه سمكها ثلاثة أقدام . وله كذلك معامل انكسار عال بحيث أن الضوء المار خلال أنبوبة منه يعانى انعكاساً داخلياً بدرجة كبيرة حتى أن الضوء يتبع ، كما نقول ، فى مساره انحناء الأنبوبة . ولهذا السبب يستعمل الجراح أنابيب بريسبيكس بنور فى أحد أطرافها للكشف على جلق المريض ، أو أعضاء الجسم الشديدة التعمق فى الداخل . والبرسبيكس غير موصل للحرارة أو الكهرباء ، ولذلك فليس هناك خطر فى زيادة سخونته الموضعية . والدائن البرسبيكسية متينة كذلك وغير قابلة للتفتت ، وهى ميزات تجعلها ذات قيمة كبيرة لنوافذ الطائرات وكصفائح موجهة للاضاءة السقفية .

وتباع كثير من اللدائن الراتنجية على هيئة مساحيق للصباغة تصنع عن طريق خلط المادة البلاستيكية بصبغة ومعجون حشو مثلى نشارة الخشب ، أو ألياف القطن والكتان المنقوعة أو الاسبستوس . ويدفأ المخلوط حتى يسيى ، ثم ينزلق على دوايب ويبرد ويهرس حتى يصير مسحوقاً . وعندئذ يكون معداً لوضعه فى قالب . وبعد ضغط وتسخين لدرجة معينة يتكون جسم صلب متين يتخذ شكل القالب بالضبط . ونجد فى جميع الحالات أن السلسلة الطويلة المتماصة سويًا بواسطة الوصلات الكيماوية هى التى تعطى البلاستيك الخواص الميكانيكية كالصلابة ومقاومة الشد . وتجعله المادة الراتنجية الصلبة المعروفة بمادة الباكليت (١) يحتفظ بشكله بعد التسخين والضغط . وذلك لأن السلاسل الكربونية تنضم الى بعضها كتلة شديدة التماسك . وفى أنواع البلاستيك الأخرى مثل أنواع المطاط الصناعى الكثيرة العدد ، نجد السلاسل الكربونية أكثر تفككا ، ولذلك فعندما تمتلئ المادة فان الجزيئات تفك نفسها وتقع فى اتجاه الشد ، ثم تعود الى حالتها حينما يتوقف التمدد .

وقد أبانت الأدلة المستقاة من تحليل الأشعة السينية أن الألياف الطبيعية مثل الصوف والكتان والحريز تقع جزيئاتها الطويلة ملتصقة بعضها ببعض فى حزم ، أو أيونات غروية كما تسمى . وعلاوة على ذلك

---

( ١ ) سميت باسم مكتشفها ل . ه . بيكيلاند ( ١٨٦٣ - ١٩٤٤ ) . وهى راتنج مصنع من الفينول والفلور مالدمايد . ( المترجم ) .



وجد أن الحرير الطبيعي الذي تنتجه دودة القز هو بروتين ذو طبيعة تتكون من وحدات فرعية من الذرات تقع في أيونات غروية تتخذ أطرافها نفس الاتجاه . وكانت المشكلة التي واجهت الكيميائيين الذين كانوا يبحثون عن بديل للحرير تتلخص في تخليق مادة بتركيب جزئي يشبه تركيب الحرير الطبيعي .

وبعد بحث طويل وجد أن مركب الكربون المتكون من ست مجموعات ميثيلين ومجموعتين من مجموعات الأمين المحروفة باسم سداسي ميثيلين ثنائي الأمين (١) باتحادها مع الحامض الدهني وإزالة الماء وهي عملية تعرف باسم التكثف تعطى مركبا ذا سلسلة طويلة بخواص شديدة الشبه بخواص الحرير . وقد نتج عن حل المشاكل الفنية للغزل والنسيج مادة جديدة ، النيلون ، بمقاومة شد ضعف مقاومة شد الحرير الطبيعي تقريبا ، وبمتانة ومرونة لا تتأثر بالرطوبة فعلا . واستخدمت مزايا النيلون هذه في صناعة الباراشوتات ( المظلات الهابطة ) وحبال المناطيد ، وفرش الأسنان ، وفي التدريزات الجراحية ، وصنع جوارب الجسم (٢) .

## ٦ - التليفزيون والرادار

يتميز عصرنا الحديث بالسهولة التي تتم بها الاتصالات دون تدخل بشري ، والسهولة التي يقف بها جزء من العالم على ما يجري في غيره من الأماكن . ان استعادة تسجيل الصوت على فيلم أو تليفزيون ، وكذلك أجهزة الاشارات الأتوماتيكية في السكك الحديدية والكهربية وفي تنظيمات المرور ظواهر مألوفة لنا في حياتنا اليومية . ان كل هذه تعتمد على الخلية الضوئية الكهربائية التي تسمى ايجازا باسم الخلية الضوئية .

وفي مثل هذه الخلية يتسبب الضوء الساقط على سطح معد اعدادا مناسبة في انبعاث الالكترونات منه تبدو كتيار كهربى . ومن الممكن تحويل أى اهتزاز في شدة الضوء كالذى قد يتسبب فيه قطار مار ، أو لص يسطو على حجرة ، أو تحرك حزمة من البضائع على سير نقل الى تيار كهربى متغير بواسطة الخلية الضوئية . ويمكن بسهولة جعل هذا التيار يدق جرسا ، أو يحرك أبرة جلفانومتر ، أو يدير أى جهاز اشارة آخر . وعلى ذلك ففوائد الخلية الضوئية متعددة النواحي لا بالنسبة لأجهزة الانذار

---

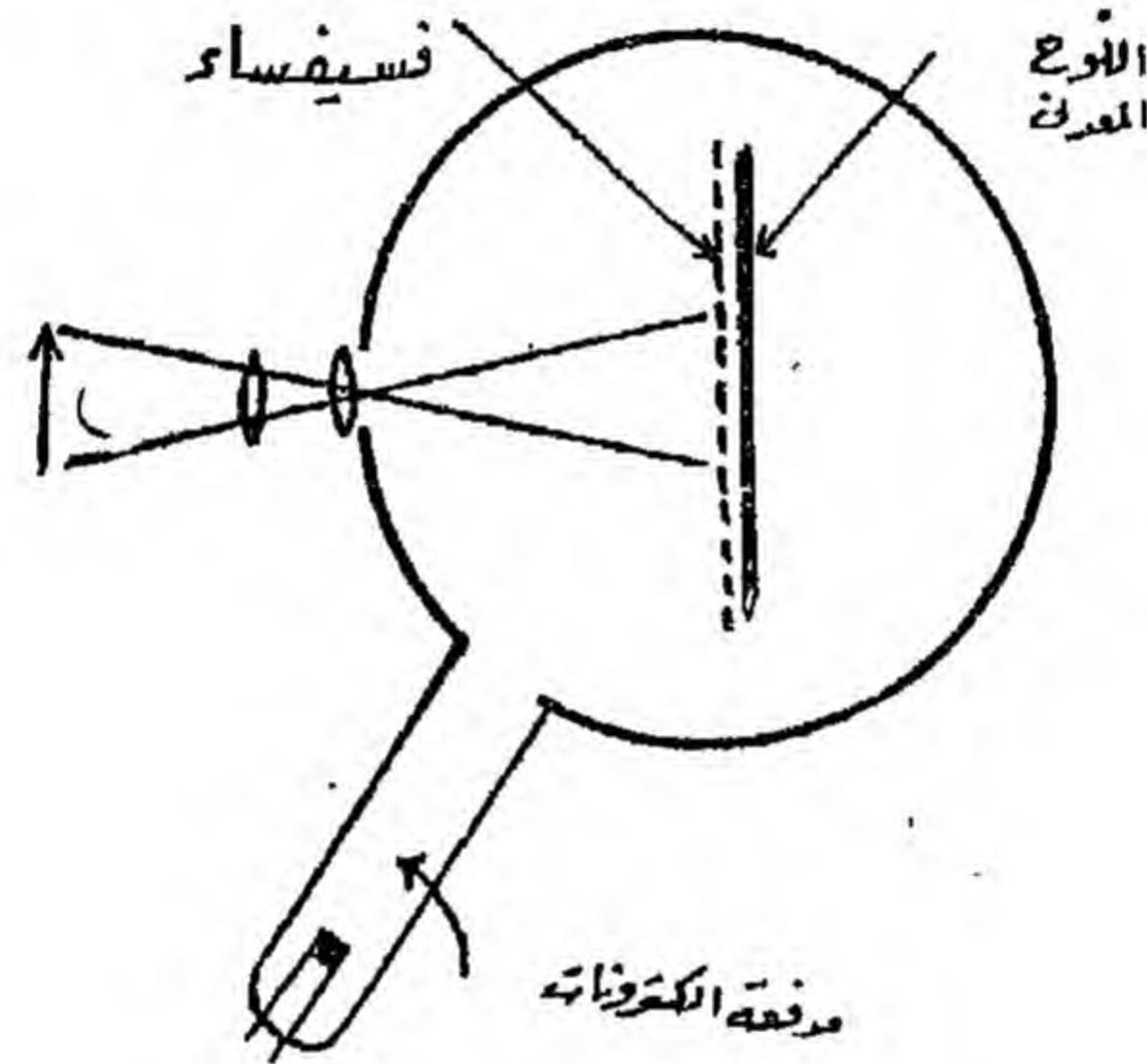
(١) أن المادتين ، الحامض الدهني وسداسي ميثيلين ثنائي الأمين ، اللتين تتكاثفان غالبا ما تنتجان من الفينول الذى يعرف عادة باسم حامض الفينيك ، الذى هو نفسه مشتق من البنزين أحد المنتجات المقطرة من قطران الفحم .

(٢) النسيج الرقيق من الغزوة أو الشاش ( المشرح )



بالسطو أو بحدوث حريق وأجهزة الاشارة الأخرى فحسب ، بل أيضا كوسيلة من وسائل العد الأوتوماتيكي فى المصانع ، وحتى كوسيلة كشف دقيقة لكمية الهيموجلوبين فى دم الانسان .

ومن الاستعمالات الممتعة للخلية الضوئية الكهربائية استعمالها فى التليفزيون الذى تستخدم فيه مئات الآلاف من خلايا أكسيد السيزيوم الدقيقة المترسبة على فضة . وحينما يذاع منظر بالتليفزيون كمنظر ممثلين يقومون بالتمثيل على مسرح ، أو حفلة تحية العلم ، تستعمل آلة تصوير خاصة تتركز بها الصورة لا فى بؤرة على لوحة تصوير أو على فيلم ، بل على ما يسمى فسيفساء مكونة من عناصر سيزيومية تتأثر بالضوء موجودة على أحد أوجه لوحة الميكا . أما الوجه الآخر فمتصل بقطب معدنى بحيث يصبح كل عنصر مكثفا كهربيا صغيرا (شكل ٤٢) .



( شكل ٤٢ )

رسم كروكى لآلة التصوير التليفزيونى

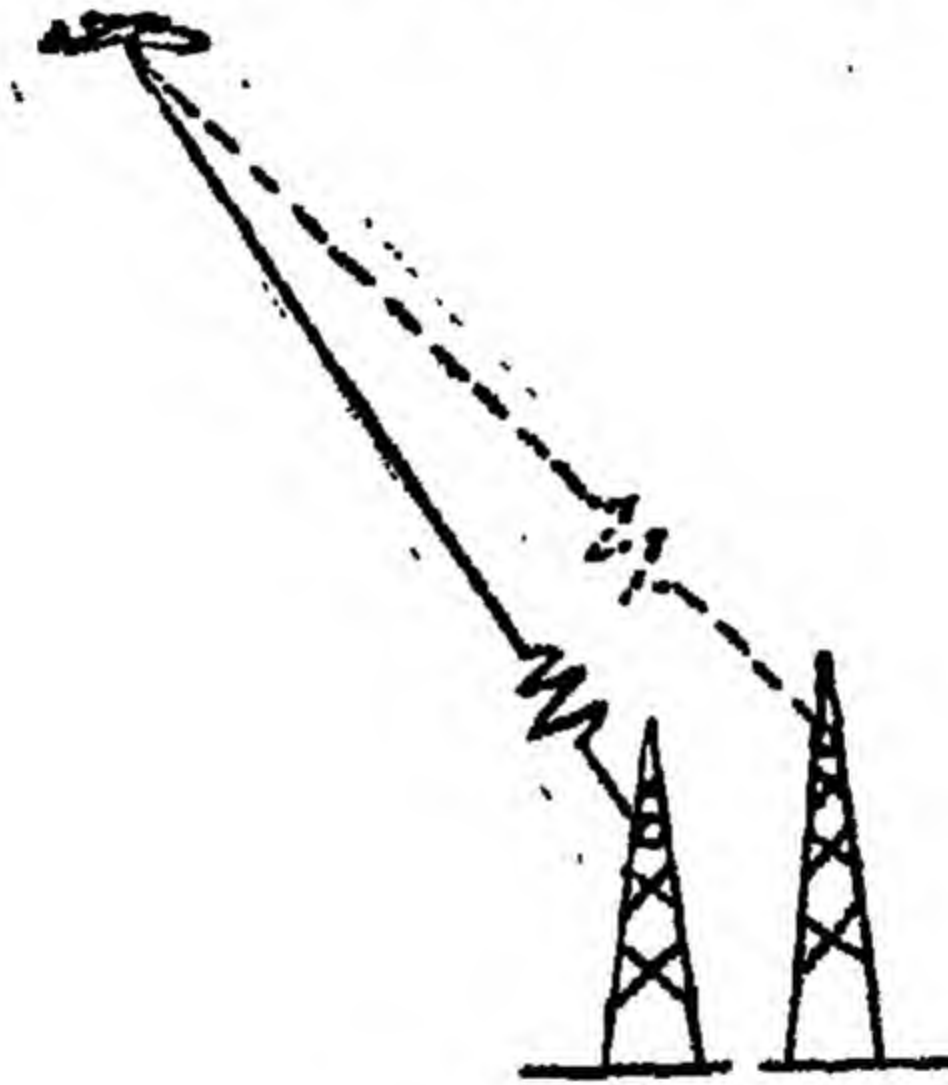
ويسقط باستمرار أثناء اذاعة المنظر تليفزيونيا ضوء ذو شدة متغيرة على خلايا السيزيوم الصغيرة المختلفة ، التى تنبعث منها حينئذ الالكترونات تتناسب مع شدة الضوء الواقع عليها . ويسمح أثناء ذلك لحزمة من الالكترونات بالمرور على الفسفساء أو مسحها ، وعلى ذلك فهناك سلسلة تغيرات فى الجهد الكهربى للألكترون المعدنى . وتكون هذه التغيرات التى تحدث بسرعة كبيرة اشارة الصورة التى يمكن تكبيرها ونقلها الى جهاز ارسال التليفزيون .

وهناك فى الطرف المستقبل هوائى يلتقط الموجات الكهرومغناطيسية ذات الذبذبة السريعة التى تتكون الاشارة منها ، وينقل الهوائى تلك الموجات على هيئة تيارات مترددة الى أحد ملفى أنبوبة الكاثود أو



الأوسولوجراف (١) كما تدعى . وينبعث من الكاثود الساخن في هذه الأنبوبة وابل من الالكترونات تضغطها الألواح العاكسة الى حزمة رفيعة جدا موجهة اياها الى أسفل بحيث تقوم مقام مؤشر دقيق . وفي الامكان جعل هذه الحزمة تمسح الطرف البعيد للأنبوبة المغلفة بمادة متوهجة . وتجرى عملية المسح بسرعة حتى أن الحزمة تمسح ٤٠٥ خطا في ١/٢٥ من الثانية . وتتسبب عن الاشارات الصادرة من الهوائي الذي يعلو هذه الحزم الماسحة بقع دقيقة مختلفة في شدة استضاءتها تصور للنظار حركات الممثلين أو الحركات العسكرية أثناء استعراض خيالة الحرس .

ان مسجلة ذبذبات أشعة الكاثود (المهبط) جزء جوهري من أجزاء جهاز الرادار ، تلك الوسيلة من وسائل الاتصال التي ابتكرت أثناء الحرب العالمية الثانية والتي تتمكن بواسطته محطة أرضية من ارشاد طائرات القتال الى أهدافها ، ويمكن بواسطته أيضا الكشف عن طائرات العدو على بعد أميال وسط الظلام والسحاب والضباب .



( شكل ٤٣ )  
صدى الرادار

والمبدأ الأساسي للرادار هو التقاط صدى الموجات اللاسلكية المرتدة من طائرة أو من أرض وجهت هذه الموجات اليها . ويقدر بعد الشيء من الوقت الذي يأخذه الصدى في انتقاله من الجسم الى المشاهد (شكل ٤٣) . ويرجع الالمام بانعكاس الموجات اللاسلكية الى البحث الفيزيائي الأساسي الذي حدث أثناء عشرينيات هذا القرن ، ولكن تصميم الآلات لارسال حزمة لاسلكية قوية ، والكشف عن الأصداء بالوسائل البصرية تم نتيجة لطلبات الحرب الملحة .

( ١ ) أو المسجلة ، وتستعمل في تسجيل ذبذبة التيار ( المترجم ) .



وفى هذا الموضوع موضوع تسجيل الصدى وتمكين المشاهد من قراءة مقدار المسافة بينه وبين الشيء العاكس على مقياس ، برهنت مسجلة أشعة الكاثود للتذبذبات أنها ذات قيمة كبيرة . وتحرك هذه الالكترونات الرفيعة الصادرة من المسجلة بانتظام عبر شاشة الفلوريسنت كما يحدث فى جهاز الاستقبال التليفزيونى . ومع ذلك ففى جهاز الرادار ينظم التوقيت بحيث يكون هناك خط مشاهد على شاشة الفلوريسنت ، وفى نفس الوقت يجعل التلامس الكهربى الذى يتسبب فى تحرك الحزمة الالكترونية جهاز الارسال يرسل نبضة من الموجات اللاسلكية ، ويظهر هذا بوضوح فى التواء فى خط الفلوريسنت . وتذهب النبضة بالطبع الى الفضاء ، واذا قابلت طائرة أو أى جسم آخر اعترضها ، يرد صداها وترى كالتواء أو اعوجاج فى الخط . وتعتبر المسافة بين الالتوائين مقياسا للوقت الذى تأخذه النبضة فى الانتقال الى الطائرة وارتدادها ثانية . وعلى ذلك تتناسب مع المسافة بين الطائرة وجهاز ارسال الرادار . ولا يتكلف المشاهد سوى قراءة المسافة على مقياس أمامه ( شكل ٤٤ ) .



( شكل ٤٤ )  
رسم كروكى لمسجلة أشعة المهبط للتذبذبات

وما الصدى اللاسلكى الا جزء بسيط جدا من الطاقة الكهرو مغناطيسية الساقطة على الطائرة أو على أى جسم آخر يعترضها ، وهذه الطاقة كذلك ما هى الا جزء صغير من مجموع الطاقة التى يرسلها جهاز الارسال . لذلك كانت مشكلتنا تنحصر فى تصميم جهاز استقبال حساس جدا بدرجة تجعله يستجيب لأى دافع . وكانت المشكلة الأخرى هى صنع جهاز ارسال ذى أبعاد مناسبة يرسل حزمة ذات ذبذبة عالية ، وتكون بذلك ذات موجات



قصيرة • وقد أدت الأبحاث الدقيقة والمهارة الفنية الى انتاج جهاز ارسال المغنطرون - يصدر موجات طولها أقل من عشرة سنتيمترات ، وحزمة يمكن تركيزها في بؤرة بعيدة عن الأرض ، ولذلك تكون قادرة على الكشف عن أية طائرات تطير على ارتفاع منخفض •

ويشير هذا الايضاح الشديد الايجاز الى ما يعرف الآن باسم الرادار الابتدائي - أى الصدى اللاسلكى من جسم لا يرسل اشعاعا من تلقاء ذاته - وفي خلال الأعوام الحديثة أثار نجاح الرادار الثانوى اهتماما بالغاً ، ذلك الرادار الذى يوجد فيه ارسال مستقل عن الجسم بحيث يتميز الصدى بميزات جديدة تمكنا من التعرف على المصدر • وعلى ذلك فهناك فى ميرسيسيه اليوم رادار ثانوى يعطى بواسطة جهاز ارسال تليفون لا سلكى معلومات دقيقة لأية سفينة عن موقع أية سفينة أخرى أو أية صوة (١) بحرية ( شمندورة ) فى بحر المانش كله ، وبذلك توفر انتظار أيام كثيرة وسط الظلام وضباب البحر • وما هذه الا احدى استعمالات الرادار الذى تعد استعمالاته الآن من المستلزمات العادية لجميع أنواع الملاحة البحرية والجوية •

## ٧ - الطاقة الذرية

كان الانسان فى الواقع يستعمل الطاقة الذرية منذ أن تعلم كيف يوقد النار • وترجع الطاقة الحرارية لوقود مشتعل الى تفاعل كيمائى بين الكربون وأيدروجين الخشب أو الفحم وأوكسجين الهواء • وتؤثر تغيرات الطاقة هذه التى تتضمن إعادة خلط الذرات فى طبقات الاكتروونات المكونة للأجزاء الخارجية للذرة فقط • ومن المعتاد قصر لفظ الطاقة الذرية على تلك القوة الهائلة المنطلقة حينما تحدث التغيرات فى النواة الداخلية للذرة • وهذه الطاقة النووية هى المستعملة فى القنبلة الذرية التى قد تزود الانسان لو كان حكيما بمصدر جديد من مصادر القوة للأغراض السليمة •

وتتكون نواة الذرة من بروتينات تحمل شحنة موجبة ، ونيوترونات لا تحمل شحنة اطلاقاً • والاستثناء الوحيد هو الأيدروجين العادى الذى تتكون نواته من بروتون واحد • وعدد البروتونات فى ذرة الأكسيجين ٨ وفى ذرة الكربون ٦ وفى ذرة الفضة ٤٧ وفى اليورانيوم ٩٢ • ويتقرر نوع النظير الخاص بكل مادة حسب عدد النيوترونات ، مثلاً يكون ٦٠ نيوترون و ٤٧ بروتون نظير الفضة ذات الوزن الذرى ١٠٧ ، بينما يكون ٦٢ نيوترون و ٤٧ بروتون النظير ذا الوزن الذرى ١٠٩ • ولعنصر

( ١ ) معلم عائى فى البحر لارشاد السفن ( المترجم ) •



اليورانيوم نظيران رئيسيان ذوا وزن ذرى ٢٣٥ ، ٢٣٨ ، وحيث أن عدد البروتينات هو ٩٢ ، فيجب أن تحتوى النظائر على ١٤٣ و ١٤٦ نيوترون بالتوالى .

وفى عام ١٩٣٨ اكتشف أنه حينما يتعرض نظير اليورانيوم ٢٣٥ الى هجوم من نيوترونات سريعة الحركة ، ينتج عن ذلك نظير عنصر الباريوم الذى يقرب وزنه الذرى من نصف وزن نظير اليورانيوم . وكانت هذه نتيجة مذهشة ، لأن ذلك كان معناه أن ذرة اليورانيوم قد انفلقت الى جزأين . وقد وجد أن الطاقة الناتجة عن هذا الانفلاق أو الانشطار تظهر على شكل سرعة عالية هائلة للجزأين . وسرعان ما أدرك رجال العلم فى العالم أن الانشطار النووى قد يمدنا بمصدر طاقة على مدى هائل ضخيم ، على شرط ايجاد الوسائل لانشطار عدد كاف من ذرات اليورانيوم فى تتابع سريع .

ويتلخص الحل فى ايجاد مناسب لكتلة اليورانيوم ، اذ تحقق انطلاق سراح النيوترونات عند انشطار ذرة اليورانيوم الى جزأين ، وأن هذه النيوترونات بدورها فى إمكانها احداث انشطار فى ذرات يورانيوم أخرى مكونة بذلك ما يعرف باسم التفاعل التسلسلى . ويقال لكتلة اليورانيوم التى تحدث فيها مثل هذه العملية المتسلسلة أنها ذات حجم حرج . وقد تحقق أنه لا يمكن أن يتم انتشار قطعتين كل منهما أقل من الحجم الحرج . ولكن فى اللحظة التى تنضم فيها الكتلتان بعضهما الى بعض ، فإن الكتلة الناتجة منهما تزيد عن الحجم الحرج وينتج عن التفاعل التسلسلى السريع انفجار يسبب انبعاث جسيمات ذات سرعة عالية وتوليد درجة حرارة عالية بدرجة لا تصدق .

وكانت مثل هذه الاعتبارات معلومة بدرجة كافية لعلماء الفيزياء عند نشوب الحرب العالمية الثانية ولكن كانت كمية اليورانيوم ٢٣٥ الميسورة حتى ذلك الوقت جزءا من الميجرام (١) وذلك فعلى الرغم من أن انطلاق الطاقة الذرية كان وشيكا ، الا أن الوسائل التى كان يمكن أن يتحقق بها هذا الانطلاق والتحكم فيه كانت ما زالت مشاكل لم تحل .

ان قصة العمل الجماعى الذى تضافرت فيه جهود علماء الفيزياء البريطانيين والأوروبيين والأمريكيين قد ذكرت فى التقارير الرسمية (٢)

---

( ١ ) جزء من ألف من الجرام . ( المترجم )

( ٢ ) الطاقة الذرية : القصة العامة لتطور طرق استعمال الطاقة الذرية للأغراض الحربية تحت رعاية حكومة الولايات المتحدة ( المطبعة الاميرية الملكية ، لندن ، ١٩٤٥ ، الثمن شلنن و ٦ بنس ) .



ولقد سردت الصحافة اليومية قصة تسخير الموارد الأمريكية ، وبناء مصانع هائلة في كليفتون في وادي التنيسي لإنتاج اليورانيوم ٢٣٥ بكميات ملائمة ، وقد أثار تدمير هيروشيما ، ونجازاكي الدهشة والرعب (١) ، كما ترك هذا التدمير وراءه عالما مضطربا أحاطت فيه الدول العظمى أسرارها بجو من الكتمان الشديد ، وأخذت تنظر الى بعضها البعض بعدواة مقنعة ، وعدم ثقة عميقة .

أما من جهة كون القنابل الذرية الأولى نشأت نتيجة للبحث الأساسي الذي تم بهدف تقدم العلم دون هدف آخر ، فلم يكن في الاستطاعة قصر الأبحاث على أرض معينة . ولذلك تسربت في السنين التي تلت الحرب مباشرة أنباء فحواها أنه قد يكون هناك مصدر آخر لقوة هائلة ناشئة لا عن انفلاق أو انشطار الذرة بل عن تكوين الذرة أو اندماجها . وقد أدرك رجال العلم من معلوماتهم عن بناء الذرة أنه لو أمكن تكوين الهليوم من العنصر الأخف الأيدروجين فإن ذلك ينتج طاقة هائلة . وقد عرف حقا أن التحول من الأيدروجين الى الهليوم قد ينتج عنه افتقاد كتلة قد يظهر على شكل حرارة . ويمكن تعليل هذا التكافؤ بنظرية النسبية لانشطين التي أشرنا اليها بايجاز شديد في الفصل الثالث عشر . وعلاوة على ذلك فقد كان لدى علماء الفيزياء مبرر للاعتقاد أنه يوجد في الحقيقة في ظروف درجة الحرارة والضغط العاليين الموجودة داخل الشمس تكوين مستمر للهليوم من الأيدروجين وانبعث طاقة حرارية . ولذلك فجنبنا الى جنب مع التنبؤات القائمة عن القوى التدميرية للقنبلة الأيدروجينية وجد الأمل أنه ما زال لدى الانسان وسيلة أخرى لإطلاق القوى الذرية والسيطرة على القوى الطبيعية الى مدى لم تصل اليه أحلامه حتى الآن .

وعلى الرغم من ذلك فإن الأبحاث العاجلة التي تمت خلال الأعوام التي أعقبت الحرب ، بينما كانت الأمم تحتزن القنابل بكميات هائلة وتتحدث عن السلم ، كانت موجهة صوب استخدام التفاعلات الناتجة لا عن الالتحام بل عن الانشطار . وهناك في بريطانيا العظمى كما في كل البلاد الصناعية حاجة صارخة لقوة متزايدة وعلى الأخص لطاقة كهربائية ميسورة بدرجة أكثر سهولة . وتستعمل الآن محطات توليد الكهرباء العادية في بريطانيا العظمى الفحم أو البترول كوقود ، وتحول غازات الأفران الحارة الماء الى بخار ذي ضغط عال لإدارة توربين المولد الكهربى . والهدف المباشر من استعمال الطاقة الذرية في بلاد تعاني نقصا في

---

(١) أنظر كتاب آثار القنبلة الذرية على هيروشيما ونجازاكي ( الخراج المطبعة الأميرية الملكية ، لندن ، ١٩٤٦ ، وثمنه شلن وبنتان ) .



كميات الفحم والبترول هو استخدام درجة الحرارة العالية الناتجة عن انشطار اليورانيوم في توليد بخار للمولدات الكهربائية .

وقد تطلب هذا البحث تجارب كثيرة وجهودا شاقة من علماء الفيزياء والكيمياء ، والمهندسين المدنيين ، ورجال الطب . وقد استعمل اليورانيوم الطبيعي دون العزل الابتدائي لنظير اليورانيوم ٢٣٥ في بعض المحاولات الأولى لتسخير الطاقة الذرية . أولجت قضبان من اليورانيوم في كتلة من الجرافيت النقي يحتويها ما يسمى مفاعل بطيء أو (عمود) وكانت القضبان تحتوى بالطبع على نظير اليورانيوم ٢٣٨ الموجود بكثرة مع اليورانيوم النادر ٢٣٥ . واستخدم الجرافيت لابطاء سرعة النيوترونات لمدى يجعلها لا تمتص بواسطة ذرات اليورانيوم ٢٣٨ ، ولكن بواسطة اليورانيوم ٢٣٥ المنشطر فقط ، وتظهر الطاقة المتولدة عنه في كتلة الجرافيت . وكان لزاما ايجاد طرق للسيطرة على انشطار اليورانيوم ، ولانزال درجات الحرارة العالية الى مستوى سلس لتكوين البخار .

ولقد صادف هذا الكفاح الذى ظل أعواما نجاحا تمثل في افتتاح صاحبة الجلالة في ١٧ من أكتوبر ١٩٥٦ أول محطة نووية في العالم لتوليد الكهرباء على نطاق تام . وتدعى هذه المحطة محطة كولدر هول في منطقة البحيرات : وفي يوم الافتتاح الذى لا ينسى غذيت الشبكة بالطاقة الكهربائية ، وبذلك بدأ عصر جديد في استخدام القوة .

وكانت تتكون محطة توليد الكهرباء ، كولدر هول ، في سنة ١٩٥٦ من مفاعلين نوويين يديران أربعة توربينات بخارية . وكان هناك وعاء ضغط قطره ٤٠ قدما تقريبا يحتوى على ألف طن من قضبان الجرافيت كملطفات . وكان قلب الجرافيت هذا به دوائر نقل كهربية رأسية من الممكن ايلاج قضبان اليورانيوم فيها . وكانت الحرارة المتولدة من الانشطار يبطل تأثيرها بواسطة غاز ثانى أكسيد الكربون تحت ضغط يعادل الضغط الجوى سبع مرات تقريبا . وكان ثانى أكسيد الكربون الساخن المار خلال مبادلات حرارية ينتج بخارا طبقا للضغط المطلوب . وكان من الضرورى اتخاذ احتياطات مناسبة ضد الأخطار الناتجة عن التلوث بالمواد الاشعاعية . وأحيطت مصادر الاشعاع كلها بواسطة جدران مسلحة سميكة ، واتخذت الحيلة لعدم لقاء المنتجات المهمة من المفاعل بطريقة تعرض الحياة البشرية للخطر .

وهناك مفاعل انشطار آخر قائم في دورنراى في اسكتلندا . ويسمى هذا عمودا مولدا . وهو يستعمل الثوريوم ، ويقوم بانتاج مزيد من المادة النووية أثناء تشغيله . ويمهد مثل هذا المفاعل الطريق بدرجة كبيرة لانتاج القوة النووية في المستقبل بتكاليف أقل .



ومنذ أن بدأت كولدر هول ، ودورنراي ، وغيرها من المشروعات نشطت الأبحاث التي جرت تحت رعاية مؤسسة أبحاث الطاقة الذرية في هارويل ، ومؤسسة المملكة المتحدة للطاقة الذرية نشاطا كبيرا . وقد امتدت النتائج التي توصل اليها الى ميدان الطب عن طريق ازدياد استعمال النظائر المشعة ، والى الزراعة عن طريق الأبحاث التي أجريت في فسيولوجيا النباتات . ومع ذلك فربما كان أعظم حدث درامي أثار الاهتمام العام هو ما أعلن عام ١٩٥٨ من أن التفاعلات الناتجة عن اندماج الذرات من المحتمل أنها قد تمت لأول مرة بحالة يمكن التحكم فيها ، وأن درجات الحرارة التي حصل عليها تتساوى مع درجات حرارة الشمس .

وحدث الاندماج المطلوب بين نويات نظير الأيدروجين ، ديوتريوم ، الموضوع في أنبوبة تفريغ ضخمة حلفية الشكل تكون جزءا من جهاز هندسي معقد في هارويل يعرف باسم زيتا أو مجمع انعدام الطاقة النووية الحرارية . وأول صعوبة كان من الضروري التغلب عليها في زيتا كانت ناتجة من أن نويات الذرة المحاطة بشحنة موجبة تنفر من بعضها البعض كما تفعل الشحنات المتماثلة دائما . ولذلك كان من الضروري تزويد النويات الذرية بسرعة عظيمة جدا - أي درجة حرارة عالية تبلغ حوالي مليون درجة - لاندماج نويات الديوتريوم . ولجعل الغازات في مثل هذه الدرجة من الحرارة في حالة تركيز كاف كان من الضروري استعمال مجالات مغناطية قوية ، والاحتفاظ بهذه الحالة مدة كافية لاجداث الاندماج . وفي مجمع انعدام الطاقة النووية كانت درجة الحرارة العالية الضرورية تستغرق أجزاء الألف من الثانية فقط على فترات زمنية يبلغ طول كل منها عشر ثواني ، ولا يعرف على وجه التحديد هل كان يحدث الاندماج أم لا . ومع ذلك فان هذا النوع من الأجهزة يبدو أنه يبشر بوسيلة جديلة الشأن للحصول على الطاقة من أكثر المصادر جميعا وفرة للأيديروجين الثقيل أو الديوتريوم ألا وهو البحر . ويبدو مثل هذا الأمل كأنه حصول على شيء دون مقابل ، حيث أن المحيطات في استطاعتها امدادنا بمصدر وقود لا ينفذ تقريبا . وقد افترض في الحقيقة أن الاندماج النووي قد يمكن الانسان من نبذ الوسائل الحالية القاصرة لتوليد البخار واستعمال التوربينات والمولدات ، وأنه سيأتي يوم نجعل فيه جردلا مملوءا بالماء يمد بيتا صغيرا بالحرارة طيلة شهور الشتاء . ولكن هذا لن يكون الا بعد مضي وقت طويل من الآن . ومن المحتمل أن تعمل المعامل سنين عديدة في حل مشاكل التفاعلات الاندماجية قبل أن تستعمل في الصناعة .

ومع ذلك فالشغف العلمي المباشر المجرد شديد ، ففي مؤتمر جنيف قدم علماء الفيزياء من الأمم الممثلة ما يقرب من ألفي بحث في خريف عام



١٩٥٨ • ولقد كشف النقاب عن كثير من الطرق المختلفة لمعالجة مشاكل الاندماج النووي • وقد أطلع الروسيون المؤتمر على نموذج لآلتهم أوجرا التي تطبق مبدأ مرآويا تعكس بمقتضاه جسيمات في درجة حرارة عالية محفوظة في مجال مغنطيسي حينما تنتقل الى مجال مغنطيسي أقوى • ويستعمل الجهاز الأمريكى المكافئ لهذه فى أوك بريدج المبدأ المرآوى أيضا • وهناك جهاز اندماج أمريكى آخر ، جهاز ستيلاريتور يحتفظ بالغاز فى مجال مغنطيسى ، ثم يسخنه بواسطة تفريغات كهربية وكذلك بواسطة تفاعل مغنطى • وتتبع جماعات الباحثين فى بريطانيا العظمى وغيرها من البلاد طرقا خاصة فى البحث وهناك نتائج جديدة متوقعة من يوم ليوم •



## العالم والصحة

### ١ - أرض لزراعة احتياجات العالم من حاصلات

ان الصحافة والاذاعة تذكرنا اليوم باستمرار بأن عدد سكان العالم يزداد بمعدل عشرين مليوناً في السنة ، وأنه لن يكون هناك في القريب العاجل من الطعام ما يكفيهم . ان المستقبل لا يبشر بخير . ولقد ظل سكان البلاد الكثيفة السكان زمناً طويلاً يسدون النقص في الحاصلات الغذائية التي تنمو محلياً باستيراد تموينات من بلاد أخرى ، ولكن مثل تلك الموارد ليست بعيدة عن أن تستنفد ، وستزداد حاجة الفلاح الى المعونة العلمية باطراد .

هيا بنا نلقى نظرة عابرة على ما تم فعلاً . ان مصدر المعونة ثلاث جهات رئيسية : الكيمياء التطبيقية التي تمد الفلاح بأسمدة للتربة وبمزيلات للأعشاب ومبيدات للحشرات ، والوسائل الآلية التي يدخل الانسان تحسينات عليها في شكل جرارات وآلات حصاد ، والأبحاث التي تجرى في تربية النباتات ورعاية الحيوانات .

وقد زاد فلاحو غرب أوروبا منذ العقود الوسطى للقرن الماضي ما تنتجه أراضهم من محاصيل بإضافة نترات الصودا وسلفات النشادر الى التربة . وكانت الرواسب الطبيعية للنترات الموجودة في شيلي والتي كانت تنقل على ظهور السفن الى بريطانيا العظمى المصدر الرئيسي فيما مضى لتزويد الأرض بالأسمدة في هذا البلد . ولكن الكيمائيين الآن قد أبانوا كيف يمكن تخليق النشادر من أيديروجين ونيتروجين الهواء النقيين . وعلى الرغم من أنه من الضروري الحصول على النيتروجين بطريقة تبخير الهواء السائل الملتوية والحصول على الأيديروجين بتحليل الماء كهربياً ، إلا أن التقدم في التكنولوجيا جعل مثل هذه العمليات أمراً عمليات على نطاق واسع ، وأصبح المعين الذي يستمد منه الآن النشادر بصفته أساساً صناعة الأسمدة الأزوتية مؤكداً . ولا ينتج الانسان الآن هذه المغذيات الرئيسية للنبات فحسب ، بل ينتج أيضاً الكميات الصغيرة من المركبات



التي تمدنا بما يسمى المغذيات الدقيقة على شكل مواد لرش المحاصيل ،  
بينما قام علماء النبات بتقدير الكميات المثلى التي يجب استعمالها في  
أنواع معينة من التربة .

وعلى ذلك فبينما يقوم الكيميائي الزراعي بمد النبات بالمواد الغذائية  
اللازمة ، فإن عالم الوراثة يحاول تطبيق المبادئ المعروفة في التهجين ،  
وذلك لإيجاد نبات جيد متين من الطراز الأول . وقد وضعت تجارب مندل  
في تهجين المسلة القصيرة والبسلة الطويلة أسس الدراسات المفصلة  
الحالية في الوراثة ، تلك الدراسات التي يمكن بواسطتها إمداد الزراع  
بأنواع قوية من القمح والشعير التي تجمع بين أجود صفات الحبة البريطانية  
والأوروبية . ويمكن لعالم الوراثة أيضا أن ينبت أنواعا من القمح تقاوم  
الصدأ وتنضج بسرعة ، وأنواعا أخرى ذات سيقان قصيرة تقاوم الجفاف  
والصقيع .

ولكن مهما كان من جودة نوع الحبوب فإن المزارع في صراع دائم  
ضد الأمراض التي تسببها الفطريات ، وضد الحشرات والأعشاب . وقد  
خفف من الجهد الذي يبذله في اجتثاث الأعشاب استعماله سلاح محراث  
مصمم تصميميا خاصا يتعمق الى درجة تكفي لتفتيت التربة وتغطية الأعشاب  
والدريس في الوقت نفسه . وهناك وسائل أخرى لمحاربة الأعشاب عن  
طريق استعمال مركبات لقتلها أو إيقاف نموها بحيث لا تكون مؤذية  
إطلاقا للمحصول الرئيسي . وهذه المركبات المنتقاة التي تعرف باسم  
قاتلات الأعشاب تشمل الميثوكسون وهو مشتق من حمض الخليك الذي  
أبان علماء فسيولوجيا النبات أنه يعوق نمو الأعشاب العادية التي تنبت  
وسط حقول القمح . ويهتم الناس بالميثوكسون اهتماما خاصا ، إذ يمكن  
تصنيعه في معمل الكيمائي ، ومع ذلك فهو مطابق تماما للهرمون المنظم  
لنمو الطبعي الذي يقرر سرعة نمو النبات . وقد زودت أبحاث كيمائية  
أخرى المزارعين بمركب د.د.ت (١) المشهور والجاميكسين (٢) اللذين ثبت  
مفعولهما ضد خنفسة الكلورادو ، وآفات حشرية أخرى .

ولكن على الرغم من إضافة الإنسان موادا مغذية الى التربة ، وعلى  
الرغم من قضاائه على كثير من الآفات التي تنقض على محاصيله ، فالواجب  
أولا أن تكون لديه أرض كافية . ومع ذلك ففي أنحاء العالم كله يجرف  
البحر التربة ، أو تعريها الرياح حاملة اياها الى مكان بعيد . وتحديث  
هذه التعرية كما تسمى ببطء شديد لدرجة أن التلف نادرا ما يلاحظ  
حينما تهوى صخرة عالية الى البحر الا في الأقاليم الساحلية .

( ١ ) د . د . د . ت هو الاسم الموجز لديكلورو - ديفيلين - تريكلورئين - أحد مشتقات  
البنزين .

( ٢ ) الجاميكسين هو الاسم التجاري لمثابه سداسي كلوريد البنزين الجيمى .



ان أضمن وقاية للتربة ضد التعرية هي النباتات النامية ، وذلك لأن الجذور تمسك بالتربة ، وتقيها الأوراق المطر والرياح . اذن فالاحتفاظ بزراعة مستقرة هي احدى الطرق لتجنب التعرية . ان النباتات من شأنها حفظ التربة الخصبة ، ولكن عند فقد التربة العليا فان المطر يزيل الطبقات السفلى بسهولة وتتعرى المناطق المتآكلة . ولذلك فحينما بدأت الولايات المتحدة فى محاربة التعرية فى طول البلاد وعرضها ، كان الهدف الأول لها منع جرف التربة العليا . وتم الكثير فى هذا الشأن عن طريق جعل الأرض على شكل مصاطب متدرجة طبقا لخطوط المحاذاة الطبيعية . وقد أفادت مثل هذه الاجراءات فقط عند اتخاذها فى مساحات واسعة بطريقة مخططة .

ومع ذلك فما زالت هناك أمامنا مشاكل كبيرة . فمن المقرر أنه حتى فى دنيانا الحالية المزدحمة ما زال يوجد هناك لكل فرد من السكان خمسة أفدنة من الأرض صالحة لانتاج الغذاء . ومع ذلك فالمنزوعة الآن فدان ونصف لكل نفس . ولذلك فالمسألة العاجلة فيما يختص بسكان العالم الآخذين فى الازدياد هي كيف يمكن الاستفادة بالثلاثة أفدنة ونصف الباقية لكل رأس ؟ وتقوم الآن محاولات لتحويل الأرض المهملة الى مناطق رعى جيدة بادخال حشائش تقاوم الجفاف من استراليا وجنوب أفريقيا الى المناطق التى لا يوجد فيها مورد ماء طبيعى كاف . ولكن الاستفادة من المسافات الهائلة من الأرض غير المستعملة فى المناطق الاستوائية الرطبة مازالت مشكلة لم تحل .

## ٢ - موارد الطعام

لقد تعرضنا حتى الآن الى بعض الطرق التى يساعد العلم بها على زراعة كميات أكثر من المواد الغذائية . ان انتاج هذه المواد لم يزد فحسب ، بل ان طرقا أفضل تبتكر الآن لحفظ هذه المواد ، ففى مخازن البضائع وعنابر السفن تقى الوسائل الكيماوية للتحكم فى الآفات شحنات هائلة من البضائع ، كما تمكن الطرق الدقيقة للتبريد السريع وما يتبع ذلك من تجفيف فى فراغ عال تلك الأطعمة كاللحم وعصارات الفاكهة من الاحتفاظ بها فى حالة طازجة مددا طويلة . ومع ذلك فربما كان الأمر الأجدر بالملاحظة هي الطرق التى يساعد بها العلم على زيادة المواد الغذائية بطريقة غير مباشرة ، وذلك بتوفير علف للماشية من القش صالح للطعام، وطعام للانسان من مواد لم تمس للآن . ويكفى أن نضرب مثلا واحدا لذلك سنتحدث عنه الا وهو المارجارين ذلك الطعام المفيد على الرغم من عدم استساغته البالغة .



ويتوقف هذا الناتج على مهارة الكيماوى فى تجميد الدهن السائل الذى يتكون منه زيت الحوت ، وجعله بذلك صالحا للأكل . وتعرف هذه العملية بعملية الأدرجة (١) . ويمرر الأيدروجين فى زيت الحوت المضغوط بغير تطهير مبدئى مع وجود مؤشر لمس مصنوع من النيكل ، وحينئذ يحدث تغير كيماوى ويصير الزيت ذا صلاحية شديدة . ثم بعد ذلك تخمض فيه دهون مشتقة من مصادر نباتية مثل فول الصويا ، والبطاطة وجوز الهند ، بالإضافة الى الكميات اللازمة من فيتامين د . ويضاف الى ذلك لبن ومركبات معينة تحفظ الماء فى حالة تشتت دقيق . وأخيرا تضاف احدى المكونات المعطرة للزبدة الطبيعية - الدياسيتيل - مع ملح ثم يعبا الناتج النهائى تعبئة تراعى فيها القواعد الصحية بواسطة الوسائل الميكانيكية ، ويباع فى عبوات أنيقة بثمن قدره نصف جنيه لكل منها .

ومن الوسائل الهامة لزيادة التموينات الغذائية تجنب التبذير لا فى المواد ذاتها فحسب ، بل أيضا فى مكونات المواد التى تجعل لها قيمة غذائية . ويتمثل هذا فى العناية التى تبذل فى المراحل كلها ابتداء من غرس حبة القمح الى رغيغ العيش فى المخبز . لابد أولا من تسخين الحب بحرص شديد اذا لم تكن قد جففته الشمس والهواء ، ثم يجب الاحتفاظ بالمكونات الغذائية الهامة للحب أثناء طحنه لا أن تهمل . ويجب اضافة املاح الكالسيوم ، والفيتامينات الضرورية . وفى النهاية تضاف مادة ضد التعفن لضمان احتفاظ الخبز بطراجه .

ان العلم بالكيمياء والتغذية الذى تقوم الصناعة الحديثة للدقيق العادى وللمارجارين عليه قد يكون ذا أثر فى نفوس جبهة الناس الذين يشتهرون من حيث أذواقهم بالمحافظة الى درجة غير حميدة ، والذين يرتابون ارتيابا شديدا فى العبث بطعامهم . ومع ذلك فلمحة عابرة الى التاريخ قد تعيد الطمأنينة الى نفوسهم ، اذ كان غش الطعام فى وقت ما أمرا مألوفا ( ٢ ) وقد تغلب الناس على هذا ببطء عن طريق التشريع فحسب . وتتخذ الاحتياطات اللازمة فى الوقت الحاضر فى بريطانيا العظمى وغيرها من البلاد الصناعية الأخرى ضد الغش وضد تلوث الطعام بالجملة .

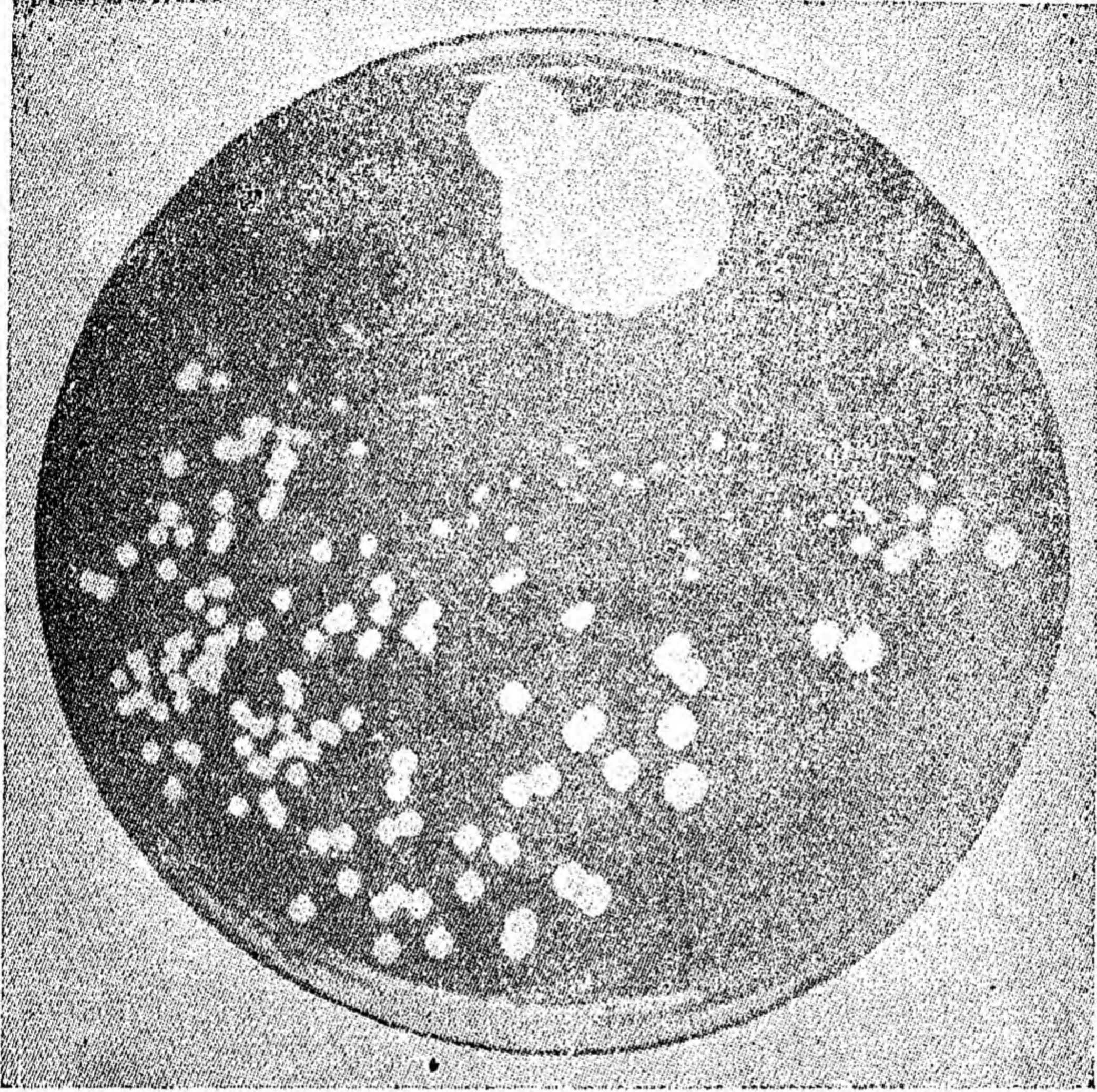
وتستعمل الآن طرق أحدث للمحافظة على الطعام . والهدف من هذا هو التخلص من التلوث عند المنبع بمهاجمة تلك الكائنات الحية المجهرية مثل الخمائر والعفن والبكتريا التى تسبب تحلل الطعام . ومن المعروف

---

( ١ ) الانجاد أو المزج بالأيدروجين، أو المعالجة به . ( المترجم )

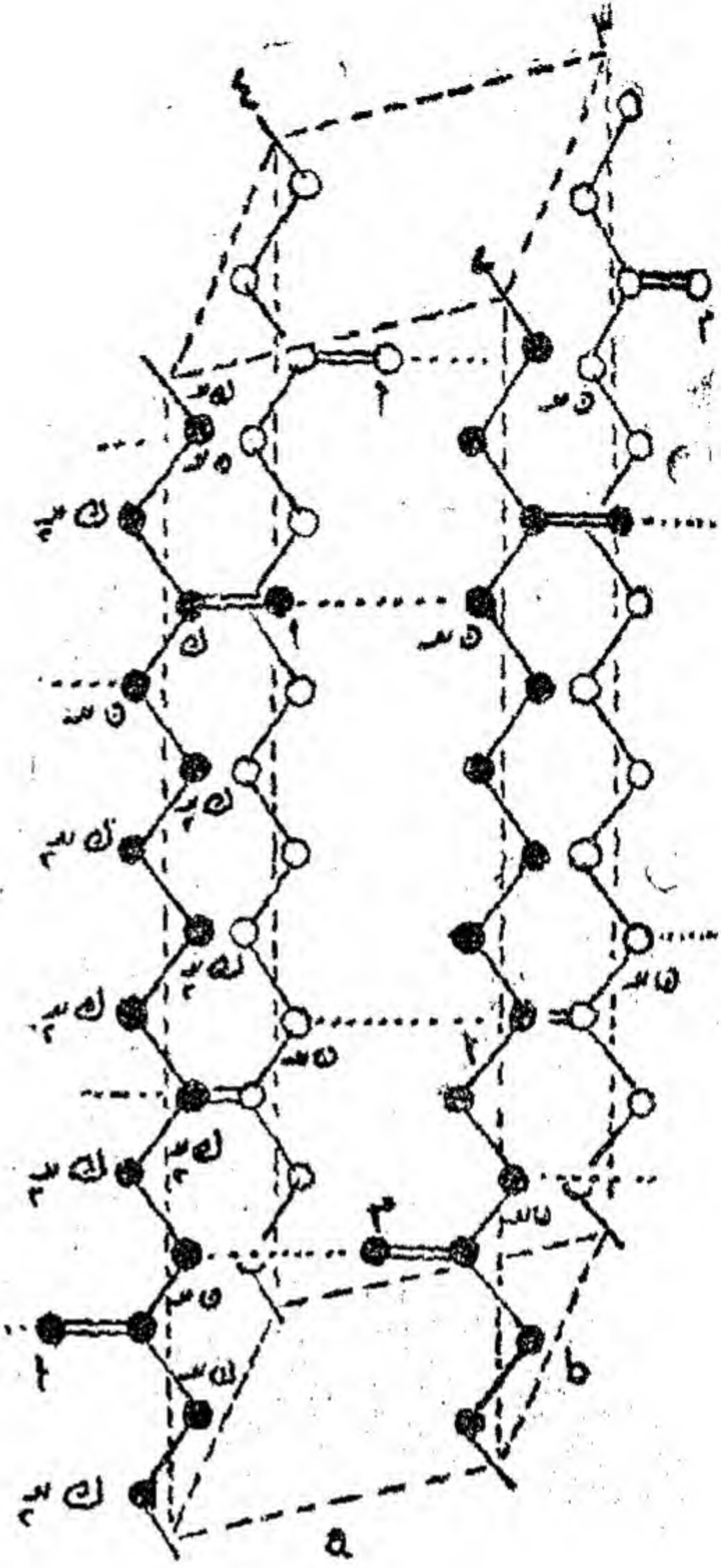
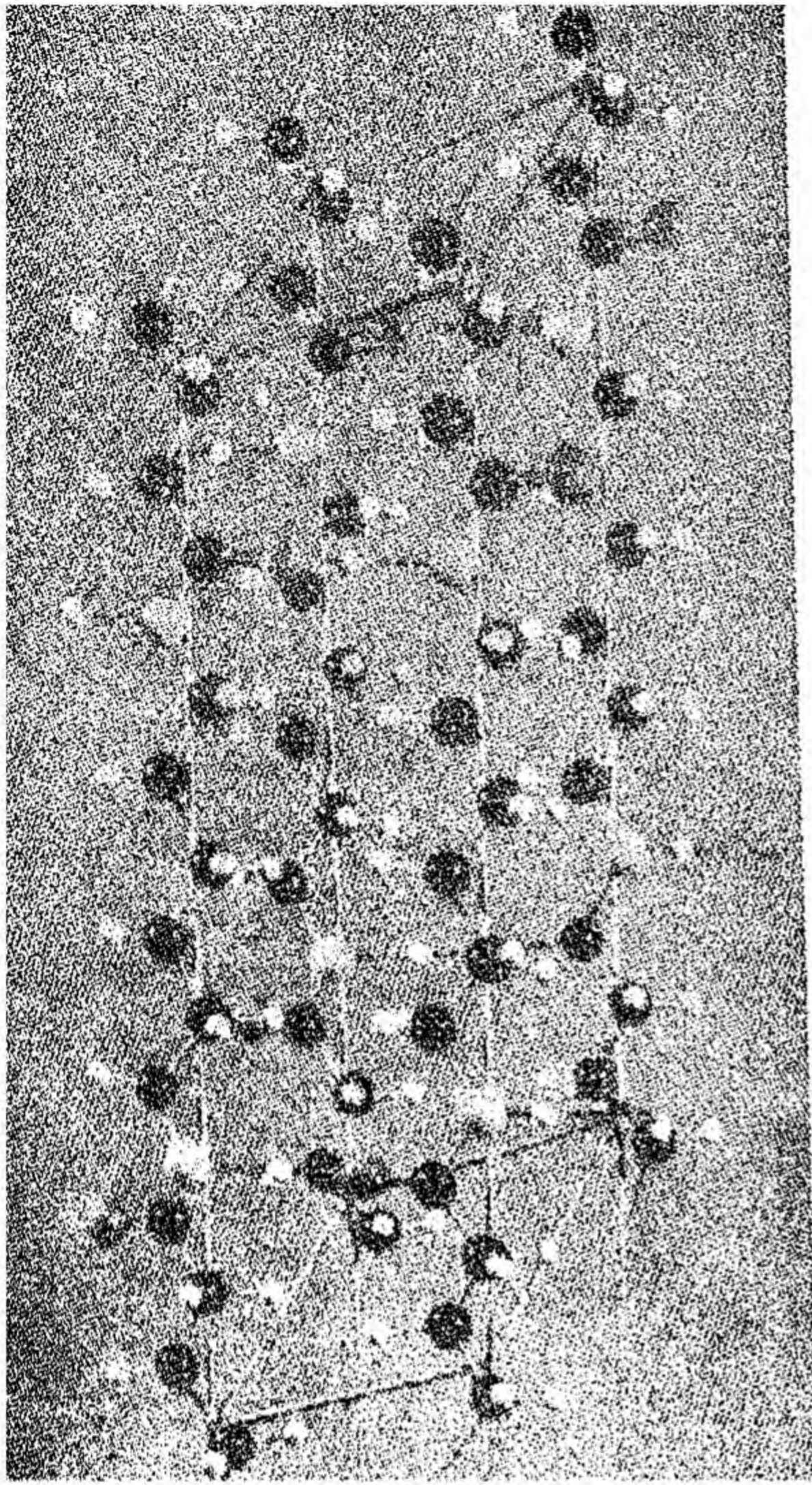
( ٢ ) كان الدقيق فى أواخر القرن الثامن عشر وأوائل التاسع عشر يفتش بالشب ، والطباشير وفتات العظام ، وحتى احيانا بالرصاى الأبيض .





طبق الزرع الأصلي الذي شوهد عليه أثر البنسلين  
يمثل مستعمرة بنسيليوم نوتيتم ماوثة ، بكتيريا سمجية متخاللة ، مستعمرة بكتيريا سمجية  
عادية •





#### نموذج للنيلون البلوري

تتركب البوليميرات من جزيئات سلسلية طويلة تتكون من تكرار منتظم لوحدية تكوينية بسيطة . وفي نيلون - ٦ تتخذ هذه الوحدة الصيغة الكيميائية الآتية ن يد ( ك يد ٢ ) ك ١ . حيث يرمز للأيدروجين برمز يد ، وللنتروجين بحرف ن والأكسوجين بحرف ا وفي المادة المستعملة لإنتاج الألياف تتحد ١٠٠ أو أكثر من هذه الوحدات بعضها مع بعض لتكوين الجزيئات الفعلية .

والصورة صورة لنموذج يبين ترتيب الذرات ، والوصلات الطولية أي - المسافات بين مراكز الذرات المتحدة كيميائياً - والزوايا بين الوصلات المختلفة مرسومة طبقاً لمقياس مضبوط ، ولكن أحجام الكرات لاتمثل الأحجام الحقيقية للذرات وإشير الرسم البيسماني المرافق للنموذج .



أن الأشعة السينية وأشعة جاما والعزم الألكترونية تسبب ضمور الخلايا الحية ، وتؤدي أحيانا الى نتائج مدمرة تهدد الحياة البشرية . ومن جهة أخرى قد توقف جرعات محددة من مثل تلك الاشعاعات نمو الكائنات الحية الدقيقة ، ومع ذلك تترك الطعام في حالة صالحة للاستهلاك البشرى .

ولكن الأمر في حاجة الى كثير من الأبحاث ، وذلك لأنه حتى ولو صار الطعام نفسه غير مشع ، فإنه قد يكون قد اكتسب مذاقا أو رائحة غير مستساغة بدرجة بسيطة أثناء عملية التعرض للأشعة . وإذا كان الأمر كذلك ، فمهما كان من طول المدة التي قد تبقاها شريحة لحم في حالة طازجة بالمعنى البكتريولوجي ، فقد ترفض ربة البيت شرائها . إذن فالأمر في حاجة أيضا الى أبحاث فنية لايجاد طرق للتعرض للأشعة رخيصة بدرجة تكفى لجعل الشركات التجارية تتعهد هذه المهمة . ويبدو أن أحسن مجال مبشر بالخير هو معالجة الحبوب والبطاطس في مخازنها ، إذ وجد أن الجرعات الضعيفة من التعرض للأشعة تمنع تناسل الخنافس التي تهاجم مخازن الحبوب ، وتخدم كذلك مفعول البراعم النابتة في درنة البطاطس . ويمكن بهذه الطريقة الاحتفاظ بطعام قيم بواسطة طريقة لا تبذير فيها .

ان أمامنا الكثير مما يجب علينا عمله لتوفير المواد الغذائية لسكان البلاد الصناعية الآخذين في الازدياد . لقد انقضت من عهد بعيد تلك الأيام التي كان يستطيع فيها كاتب من كتاب القرن الثامن عشر أن يقول : ان خبزي حلو ومغذ ، مصنوع من قمحى الخاص ومطحون فى طاحونتى الخاصة ومخبوز فى فرنى الخاص ، ولحوم صيدى طازجة من الأجمات ، وأسماك السلمون والاطروط قادمة تتلوى من الجدول . ولكن ولو أن الطعام اليوم غالبا ما يعلب ، ويبرد ويجمد أو حتى يتعرض للأشعة ، فإن نسبة أكبر بكثير من السكان تجد أنواعا متباينة من الطعام أكثر مما كان ذلك ممكنا فى الأيام السابقة للعصر الصناعى .

### ٣ - تقدم الصحة العامة

من المحقق الآن أن الناس فى البلاد المتصنعة أحسن صحة وأطول عمرا مما كانوا عليه حتى منذ خمسين عاما . وتثير الأرقام المستقاة من انجلترا وويلز الدهشة التامة فقد كان معدل وفيات الأطفال أثناء سننى ١٩٠١ - ١٩٠٥ ، ١٣٨ فى كل ألف من المولودين أحياء ، وبلغت هذه النسبة فى ١٩٤٨ - ٣٤ . وفى الخمسين سنة الأخيرة هبطت نسبة الوفيات الناتجة من الحميات الرئيسية والأمراض المعدية مثل التيفوس ، والتيفود والجدرى ، والحمى القرمزية ، والكوليرا ، والسعال الديكى ، والدفتريا



بنسبة ٩٤٪ ، وهبطت نسبة الوفاة بالسل ٧٤٪ (١) . وهذا التحسن العظيم في الصحة الذي لم يكن يرجع فحسب الى نواحي التقدم في العلاج بل كان يرجع أيضا الى ازالة الأحياء القذرة ، وتحسين الأسكان ، وتوفير طعام أفضل ورعاية صحية أكثر كفاءة وامدادات مائية أكثر وفرة ونظافة ، وأجور أعلى ، وأحوال عمل تتوفر فيها ظروف صحية أفضل .

والتقدم في الأمور الصحية العامة في بريطانيا العظمى مدين بدرجة كبيرة لحماس المصلحين من أمثال تشادويك (١٨٠٠ - ١٨٩٠) الذي لم يقنع السلطات بخطر الماء الملوث فحسب ، بل نبههم الى الحاجة لرقابة عامة من واجبات الاتجاه الى تحسين الحياة البشرية . وكان هناك وراء تشريعات الصحة العامة التي صدرت في الأجيال الأخيرة شعور أكبر بالمسئولية نحو العمال ، كما أعان انتشار التعليم على اتخاذ اجراءات للإصلاح الصحي من شأنها الوقاية من الأمراض الشائعة وبهذا الخصوص قامت الخدمة الطبية المدرسية في إنجلترا وويلز بالكثير من تنوير الرأي العام ، ذلك العمل المتواصل الشاق ، وذلك تنفيذاً للقانون الصادر عام ١٩٠٧ .

ونبتجت بعض التحسينات في صحة العمال الصناعيين عن تطبيق الطرق العلمية بطريقة أكثر مباشرة في الصناعة . وعلى ذلك ففي الأماكن التي حلت القوى الكهربائية فيها محل قوة البخار - بعجلاتها وسيورها - وریشها المتحركة - في المصانع نجد هناك تقدماً هائلاً . ونجد المصنع نفسه أنظف وأقل ضجيجاً ولا يزدحم بعوارض يتراكم الغبار عليها . ويمكن بناء المصنع بسهولة اذ لا يحتاج لمقاومة للضغوط التي تنشأ عن نقل الحركة بالسيور . وينتج عن ذلك وجود فراغ أكثر لانشاء النوافذ ، وهذا مما يساعد بالإضافة الى استخدام تدفئة واضاءة جيدتين على راحة العمال ورفاهيتهم العامة .

وقد كشف التفتيش الصحي على المصانع الذي بدأ في ختام القرن التاسع عشر عن كثير من الحقائق عن الحرف الخطرة ، وأبان التقدم العلمي عن كيف يمكن تجنب البعض منها . ان في مقدرة العمال الذين يستلزم عملهم معالجة الرصاص والزرنيخ والفسفور أن يتخذوا الآن احتياطات تقلل من الأخطار التي يتعرضون لها بدرجة كبيرة . وقد قضى تقريباً على نسبة الإصابة العالية المخزية بمرض اعتام عدسة العين بين عمال الزجاج . وقد أبانت الأبحاث الطبية للاحوال الصحية في بعض الحرف كالبرادة وتجليخ المعادن خطر الغبار . وقل ما اتخذ من احتياطات

---

( ١ ) هذه الأرقام مستقاة من كتاب الطب في خمسين عاماً ( المطبوع في لندن سنة ١٩٥٠ ) والذي نشرته نقابة الأطباء البريطانية ، ص ٢٥٣ - ٢٥٤ .



بيئة كرش الهواء بالماء وتهيئة تهوية جيدة من هذه الأخطار التي تتعرض لها أعداد كبيرة (١) .

وللعامل الصناعى مثله فى ذلك مثل غيره من أفراد المجتمع الحديث نصيب من تلك التطبيقات العلمية المباشرة التي تتمثل فى الطرق التي تمارس بها المستشفيات الحالية مهمتها فحينما يمرض فانه ينتفع بالمواد التخديرية والعقاقير المخففة للألام . وفى بريطانيا العظمى الآن مصلحة معامل الصحة العامة ، مهمتها معالجة مشاكل الأمراض الوبائية التي تستلزم أبحاثا بكتروولوجية فنية . وتساعد مثل هذه الخدمات على الاحتفاظ بمستوى عال من الصحة العامة بين الجميع . ويمكننا أن نضرب لذلك مثلا آخر ، ألا وهو مصلحة نقل الدم فى هذا البلد ، تلك المصلحة التي تنقذ الآن حياة كثير من الناس . وقد استمدت المعلومات الأساسية عن هذا الموضوع من سلسلة طويلة من الأبحاث التي بدأت فى فيينا عام ١٩٠٠ باكتشاف الفصائل الدموية ، والتي استمرت عن طريق تقرير طرق اختبار الأفراد الروتينية لمعرفة نوع فصيلتهم ، ووصلت الى اتقان طرق تجميد بلازما الدم وحفظها عن طريق التبريد . وتساعد الاكتشافات التي تمت بخصوص فصائل الدم فى السنين العشر الأخيرة بالإضافة الى ما يقوم به رجال علم الوراثة على الوقاية من بعض أمراض الأطفال حديثي الولادة النادرة . وعلى ذلك فهي تقلل أيضا من نسبة وفيات الأطفال .

#### ٤ - الوقاية ومنع العدوى

ربما كانت أكبر معونة مباشرة يقدمها العلم للوقاية من المرض هي تلك الوسائل التي يهيئها للقضاء على الكائنات الحية الدقيقة التي تسبب الأمراض قبل ان تشرع فى هجماتها الضارة على الانسان . ان بسطرة اللبن ، وتعقيم الماء فى الحمامات العامة ، ومعالجة ماء المجارى بما يسبب القضاء على بكتيريا الأمراض انما هي طرق تعين على صيانة الصحة العامة ويمكن أن يزف سكان البلاد المعتدلة الآن التهنئة لأنفسهم على أن الاجراءات الصحية التي اتخذت قد قضت تقريبا على الكوليرا ، والتيفود والجدرى ، والتيفوس . ومع ذلك فان سكان البلاد ذات الأجواء الأدفأ

---

( ١ ) أن السيليكوزس وهو الاسم العام الذى يطلق على الحالات المعروفة بالسيل الذى يصيب عمال المناجم ، والربو الذى يصيب صانعى الخزف مازال خطرا يتعرض له كل العمال الذين يتعرضون لغبار دائم ، ويكون مشكلة عويصة لرجال الطب .



في خطر دائم من عدد الأمراض أكثرها انتشارا الملاريا (١) ، ومع ذلك قد تسرب في هذه الأيام ، أيام السفر السريع بالجو ، الأنواع الخاصة من البعوض الذي يحمل الملاريا الى أي مكان في العالم . ويمكن السيطرة على الملاريا سيطرة فعالة بواسطة القضاء على البعوضة وهي يرقة . وقد حدث هذا في وقت ما بواسطة عملية المعالجة الشاقة للأراضي المغطاة بالمستنقعات بالبرافين أو زيت البترول ، تلك العملية التي كانت تقلل التوتر السطحي للماء لدرجة أن تفقد يرقات البعوض سطوتها على السطح الأسفل للماء ، وتموت لنقص الهواء . وهناك الآن طريقة أكثر فاعلية ، تلخص في استعمال مبيد الحشرات القوى د.د.ت مذبأبا في زيت مناسب ورشه على الأراضي باليد أو بطريقة احسن من ذلك بواسطة الطائرات .

وهناك مبيد حشرات آخر قوى ، جاميكسين ، يستعمل أيضا في مهاجمة البعوض في طور بلوغه وكذلك وهو ما زال يرقة ، وقد أمكن باستعمال كل من الجاميكسين ، و د.د.ت القضاء النهائي على الاصابات الناتجة عن البعوض في قبرص . وكذلك فان نجاح د.د.ت في الوقاية من انتشار وباء التيفوس (٢) في نابلي في نهاية الحرب العالمية الثانية انما هو مثل جلي على الخدمة التي يسديها عالم الكيمياء العضوية لمحاربة ذلك العدو اللدود ، المرض .

لقد ذكرنا الى الآن أمثلة قليلة لنجاح الوقاية من العدوى ، ومع ذلك فحينما تلج الكائنات الحية الدقيقة الجسم البشري ، فاننا نلجأ الى عقار يقضى على هذه الكائنات دون الحاق ضرر بالأنسجة . والسالفازان الذي أنتج عام ١٩٠٩ لعلاج الزهري مثل مشهور لمثل هذا العقار ذي التأثير المباشر . وكان من شأن البحث الطويل الذي استلزم جهدا شاقا جدا ، وأدى في النهاية الى اكتشاف السالفازان ونجاحه في تخفيف ويلات مرض خطير تشجيع الأبحاث الأخرى عن مواد كيماوية ذات تأثير علاجي خاص . ولم تكتشف لمدة طويلة مركبات ذات تأثير فعال ضد العدوى البكتيرية العادية ، وبقي الحال كذلك حتى سنة ١٩٣٥ حينما أعلن علماء

---

( ١ ) تقتضى الملاريا ضريبة باهظة من الآلام البشرية ، وقد قدر عدد من يموتون منها كل عام بثلاثة ملايين من الأنفس . ويعانى سبع سكان العالم الأسى من آثارها . وقد استعمل المركب الطبيعي كينين مدة طويلة لعلاج مرضى الملاريا . وأثناء الحرب العالمية الثانية ١٩٣٩ - ١٩٤٥ كان هناك نقص خطير في الكينين الطبيعي ، وأنتج الكيمائيون عقارا ضد الملاريا هو بولودرين ، وهو عقار وقائي أشد من الكينين عشر مرات .

( ٢ ) ينتقل التيفوس بواسطة القمل .



الأمراض فى ألمانيا ان صبغة حمراء تدعى البرونتوزيل ذات أثر فعال ضد عدد من الأمراض السبجية (١) . وقد وردت بعد ذلك مباشرة أنباء من معهد باستير فى باريس ان جزءا فقط من مركب البرونتوزيل ذو أثر فعال ضد البكتيريا ، وان العامل الحقيقى فى ذلك هو مركب أبسط ، السلفانيلاميد . وبعد ذلك مباشرة قامت المحاولات المنظمة على قسدم وساق فى لندن ، وزودتنا الأبحاث العملية بالاضافة الى ما تفتقت عنه أذهان الكيميائيين الصناعيين بسلسلة من العقاقير المعروفة غالبا باسم مركبات السلفا ، وأحسن ما عرف منها م ، ب ٦٩٣ .

وقد وجد أن عقاقير السلفاناميد مأمونة الجانب بدرجة كبيرة وذات اثر فعال ضد سلسلة كبيرة من الأمراض السبجية المعدية مثل التهاب اللوز ، والالتهاب الصدرى ، وحمى النفاس ، والحمى الراجعة ، والتسمم الدموى . وقد هبطت بالفعل نسبة الوفيات بين الأمهات الناتجة عن حمى النفاس الى رقم منخفض بالنسبة الى استعمال علاج أكثر تعقلا ، وأكثر مراعاة للصحة ومع ذلك فقد أصبحت نسبة الوفيات أقل بعد استعمال مركبات السلفا .

## ٥ - المضادات الحيوية

على الرغم من أن عقاقير السلفاناميد برهنت على أنها عقاقير قيمة ، الا أنه وجد أنه من الضرورى بذل عناية كبيرة عند استعمالها ، حيث يتبع استعمالها أحيانا أعراض تسمية ، وبعبارة أخرى لا تهاجم هذه العقاقير البكتيريا المحدثه للمرض فحسب ، بل قد تهاجم خلايا جسم الانسان التى تأوى هذه البكتيريا كذلك . ولذلك فإن رجال الطب ظلت عيونهم الفاحصة مفتوحة لعلمهم يهتدون الى عوامل أكثر انتقاء وربما أكثر فاعلية . ولم يذهب بحثهم دون طائل : ففى خلال الأيام الحديثة أوجدت فصيلة جديدة من المواد تدعى المضادات الحيوية .

وتختلف المضادات الحيوية عن غيرها من العوامل البكتيرية فى كونها يحصل عليها من العفن أو من كائنات حية دقيقة تنتجها فى مجرى حياتها العادى . ويتقدم العمل الآن فى تخليق المضادات معمليا . ان تأثير المضاد الحيوى هو جعل كائن مجهرى حساس غير قادر على مواصلة نواحي النشاط الكيماوية التى يحتاج اليها فى حياته . وقد وجد ان هناك مضادات حيوية تهاجم بهذه الطريقة أنواعا عديدة من الكائنات المجهرية،

---

(١) السبجيات هى الاسم الذى أطلق على تلك البكتيريا التى تظهر تحت المجهر كسلاسل صغيرة .



ومع ذلك فليس لها فى الواقع آثار سيئة على قيسام الجسم البشرى بوظائفه . وربما كان أشهر هذه المضادات الحيوية هو البنسلين ذو الأثر الفعال ضد الكائنات المسببة للالتهاب الصدرى، وأمراض خطيرة أخرى . ومن بين المضادات الحيوية الأخرى المستعملة على نطاق واسع الاستربتوميسين والأوروميسين ، وكلاهما ذو أثر فعال ضد بعض البكتريا التى تقاوم البنسلين .

ان قصة اكتشاف البنسلين وانتاجه فيما بعد على نطاق واسع قصة مثيرة للاهتمام بدرجة أنه من الواجب تخصيص بعض الوقت لمناقشتها .

فى عام ١٩٢٨ كان الدكتور فليمنج الذى صار فيما بعد السير الكساندر فليمنج الذى كان يعمل فى مستشفى سانت ميرى فى لندن يقوم فى معمله بإجراء تجارب على زراعات من البكتير العنقودى ، وهو الكائن الذى يسبب الدمايل على البشرة ، وقد لاحظ على إحدى شرائح الزرع رقعة من عفن بسبب التلوث ، وتبدو من حوله مستعمرات البكتريا العنقودية كأنها تتكص الى الوراء . وقد أثار هذا حب استطلاع حالا . وعندما مضى أسبوع آخر وجد أن السائل الذى نما فيه هذا العفن لم يوقف نمو البكتريا العنقودية فحسب ، بل أوقف أيضا نمو كثير غيرها من بكتريا الأمراض الشائعة .

لقد كان هذا اكتشافا عجيبا ، اكتشافا كان الأطباء فى انتظاره منذ أيام اللورد ليستر . وعلى الرغم من أن الكثير قد تم منذ ذلك الوقت ، فقد أبانت أبحاث سير الكساندر فليمنج فى الجروح المتقيحة أثناء الحرب العالمية الأولى أن المواد المطهرة التى كانت مستعملة حينئذ غالبا ما كانت سامة لأنسجة الجسم كما كانت سامة للبكتريا المهاجمة . وقد وجد الآن مطهرا غير ضار بخلايا الجسم ، وحيث ان اسم العفن كان بنسيليوم نوتيتيم ، اقترح أن تسمى المادة المصفاة من الحساء الذى زرع فيه العفن بنسيلين ، وهذا هو أصل تلك الكلمة المألوفة .

وتنتقل قصتنا الآن لأوكسفورد عام ١٩٣٩ حيث كان السير هوارد فلورى وآخرون يبحثون عن مواد ضد البكتريا تنتجها الكائنات المجهرية . لقد خطط العمل أولا كدراسة أكاديمية محضة ، وأمدته مؤسسة روكفلر بالعشرون المالى . وكانت أول مواد فحصت هى زراعات فليمنج من البنسلين نوتيتيم . وقد نجح فلورى فى الحصول منها على مسحوق أسمر قاتل للبكتريا أشد بكثير من مركبات السلفوناميد ، وقادر على إيقاف نمو البكتريا العنقودية فى محلول مخفف بنسبة ١ على ٥٠٠٠٠٠ . ومما أثار الغرابة بدرجة كبيرة أنه حينما تم عزل البنسلين على هيئة ملح صوديوم



نقى تحقق أن هذا المسحوق الأسمر يحتوى على ١٪ من البنسيلين، و٩٩٪ من الشوائب . ومع ذلك فإن الأبحاث الطبية الأولى فى اكسفورد التى أجريت بالكميات الصغيرة من البنسيلين التى كانت ميسورة حينئذ كانت كافية لأن تبين أن مادة ضد البكتيريا لها قوة هائلة أصبحت حينئذ فى متناول اليد . ومع ذلك فقد كانت المشكلة هى إيجاد وسائل لإنتاجها بكميات كبيرة كافية .

وأول طريقة استعملت كانت نوعا من مضاعفة الطريقة المعملية لزراعة العفن على سطح هلام مغذ . وكان هذا معناه إيجاد زراعات فى قوارير محفوظة فى درجة حرارة ثابتة يرعاها باحثون موفقون اتخذوا احتياطات محكمة لإبقائها فى حالة خالية من الجراثيم ، إذ وجد أن نشاط البنسيلين سريعا ما يقضى عليه بواسطة الكائنات المجهرية التى تغزوه من غبار الهواء . وبعد زيارة سير هووارد فلورى للولايات المتحدة فى ربيع عام ١٩٤١ ابتكرت طرق أحسن يمكن بها زراعة العفن لا على سطح المادة المغذية فحسب ، بل أيضا فى أنحاء المادة بأكملها . وعلى ذلك يمكن أن يحل صهر يجر واحد معرض للهواء محل آلاف من القوارير التى تراعى فرادى . وهذه الطريقة التى مورست لأول مرة فى الولايات المتحدة هى الآن طريقة « الاستنبات العميق » لصناعة البنسيلين لتوزيعه على المستشفيات فى جميع أنحاء العالم .

وبينما كانت طرق الإنتاج على نطاق واسع تتحسن حتى تصل درجة الكمال ، كانت الأبحاث التفصيلية الدقيقة الى درجة متناهية مستمرة فى المعامل على كلا جانبي المحيط الاطلنطى . وقد أبانت الأبحاث التى جرت بخصوص الطبيعة الكيماوية للبنسيلين أن هناك أربعة أو خمسة أنواع مختلفة من البنسيلين لها درجات مختلفة من الفاعلية فى داخل الجسم الحي . وأدت الملاحظات الدقيقة الى إيجاد طرق لإنتاج أعظم أنواع البنسيلين فاعلية فى العلاج المسمى مركب ج ، وحفظه دون أن يحدث هذا تغيرا فى حالته . واتخذت لهذا الغرض أيضا طريقة التجميد السريع بالتبريد والتجفيف فى فراغ ( وهى الطريقة التى استعملت فى تحضير مصل الدم البشرى والبلازما أثناء الحرب العالمية الثانية ) كمثال آخر للعلاقة الوثيقة بين الأساليب الهندسية ذات النطاق الواسع والأبحاث الأساسية .

ولم يعثر على مضادات حيوية تهاجم الفيروسات الحقيقية دون مهاجمة خلايا جسم الإنسان الذى يأوى الفيروس ، والسبب فى ذلك هو أن الفيروسات الحقيقية تعيش فى ارتباط أشد وثوقا بكثير مع مضيفها من البكتيريا ، ولذلك فإن مركبا كيماويا يمزق أوصال حياة الفيروس من



المحتمل أن يقوم بذلك مع خلايا الشخص المضيف لهذا الفيروس أيضا . ومع ذلك فهناك فيروسات كبيرة هي وسط في نوعها بين البكتيريا والفيروسات الحقيقية في كونها مستقلة استقلالاً نسبياً عن المضيف ، وقد ثبت أن بعضاً من هذه حساس بالنسبة للمضادات الحيوية . ومن أمثلة هذه فيروس مرض الببغاء ( الذي يصيب الببغاوات ) ، والكائن الشبيه بالفيروس الذي يسبب حمى النفاس .

وهناك أمر آخر يحد من مفعول المضادات الحيوية ، وهو أن بعض البكتيريا التي تسبب الأمراض تثبت قدرتها على ملائمة نفسها مع البيئة الجديدة بايجاد سلالات تقاوم المضادات الحيوية . وكلما زاد استعمال تلك المضادات الحيوية كلما زاد تولد تلك السلالات المقاومة . ونتيجة لذلك لا يصف رجال الطب تلك العقاقير العجيبة ، الا مع الحيلة المناسبة . ومع ذلك فان المضادات الحيوية تحتفظ بكونها اضافة على جانب كبير من الأهمية لما لدينا من أسلحة من المواد الكيماوية المبيدة للبكتيريا .

## ٦ - الصحة العقلية

من المعترف به الآن أن بعض الأمراض التي يرثها الانسان لا ترجع في أصلها الى غزو الجسم بواسطة جراثيم مسببة للأمراض ، ولكن الى عدم قدرة الشخص نفسه على التلاؤم مع الاجهاد العاطفي الذي يعانيه . ان الحد الفاصل بين الجسم والعقل - اذا تجاسرنا في الحقيقة على أن نظل على هذا التفريق القديم - حد غامض جدا . ويبدو أن علاج بعض الأمراض الآن يكون في الترويح عن العقل الحزين . ومازلنا نذكر ماطلبه ماكبيث (١) من طبيبه قائلاً :

الا يمكنك أن تمد يد العون لعقل مريض  
وتنتزع من الذاكرة حزناً ثابتاً الجذور  
وتستأصل القلاقل المنقوشة في الذهن ؟

وهنا أجاب الطبيب : في هذه الحالة لابد للمريض أن يمد يد العون لنفسه .

وما زالت هذه اليوم هي الاجابة التي يعطيها الطبيب كملجأ أخير ، ولكنه يساعد الطبيب على أن يساعد نفسه . وهذه هي كل مهمة التحليل

---

( ١ ) أحد أبطال رواية من روايات شكسبير أكبر شعراء الانجليز ، استضاف الملك الذي احسن اليه وقتله . وقد عاش ماكبيث بعد استيلائه على العرش في جحيم نفسي ، وانتهت حياته نهاية مريضة ( المترجم ) .



النفسى الذى نشأ نتيجة للعمل الرائد الذى قام به سيجموند فرويد ( ١٨٥٦ - ١٩٣٩ ) . وقد أدت دراسة الأحلام وأمراض العصاب بفرويد الى أن يبحث قواعد الصراع العقلى الذى ينشأ عن تحطيم الطفولة . وقد قاسى فرويد كغيره من العظماء من انحرافات المشهرين . وان كثيرا من البيانات التى لا تمت بصلة ما الى مواضيع حديثهم فى كتباتهم الصغيرة ومجالاتهم البراقة لتعطى صورة خاطئة تماما عن الرجل . ومع ذلك نجد أن رجال الطب فى العالم لديهم اليوم كنتيجة عامة لما قام به فرويد فهم أفضل لما تقاسيه البشرية من ويلات . وان لدينا الآن فكرة أشد تواضعا نوعا عن سلوكنا اليومى ، وذلك حينما ندرك أن كثيرا منه غير معقول ، وأنه متأصل فى دوافع لا ندرك لها كنها .

وأتت المعونة أيضا للمرضى عقليا من نواحى التقدم التى تمت فى فسيولوجيا المخ ، وقد أسعفت عملية الليكوتوميا وهى عملية تجرى فى الفصوص الأمامية للمخ أولئك الذين يعانون من هموم ثقيلة . ونتيجة لذلك يعيش أمثال هؤلاء الناس عيشة هادئة ولكنها خاملة نوعا ، ولكنهم فى استطاعتهم إقامة أودهم الى حد كبير . وغالبا ما تنجح طرق طبيعية محضة مثل العلاج بالصدمات الكهربائية فى التفريغ عن الذهن المكروب . وزيادة على ذلك فقد أصبح الاتجاه العام من ناحية المرض العقلى أكثر تسامحا ورحمة . ولذلك فمن الأجدر لأولئك المأزومين نفسيا أن يبحثوا عن علاج ، اذ قد أعاد الأمل فى الشفاء مع طرق العلاج الوظيفى المعقولة كثيرا من المرضى الى حياتهم العادية المألوفة . وقد يأتى التقدم فى مجال رد الاعتبار من مصادر عدة : من علم النفس ، والطب ، ومن تعليم مستنير ، ومن اجراءات المحافظة على الصحة العامة . وبالضبط كما ان الكوليرا قد أمكن السيطرة عليها فى أوروبا فى القرن التاسع عشر ، فكذلك قد تستسلم فى القرن العشرين الاختلالات العقلية الحادة مثل مرض انشطار الشخصية للجهود المشتركة فى الأبحاث العلمية وللقيادة الحكيمة للصحة العامة .

ان الصحة العقلية تعنى بالطبع شيئا أكثر من عدم وجود مرض . ويحتاج المجتمع القوى الى أفراد يواجهون الحياة بجنان ثابت . وكما ان المسكنات والأقراص المنبهة تضر أكثر مما تنفع ، كذلك فان العلاج الوقائى المفرط للأمراض العقلية الصغرى قد يعتصر مرونة الانسان الطبيعية . ان هناك أمرا واحدا مؤكدا هو ان المعرفة العلمية نفسها تقف فى العلاقات الانسانية موقف الحياد . انها قد تستعمل لصالح الانسان أو للقضاء عليه . وقد تستعمل دراسة تفاعلات الانسان تحت تأثير الاجهاد لتدمير كرامته كما يظهر فى تلك الصورة المربعة لقوة الأخ



الكبير فى عام ١٩٨٤ . ويمكن أن ينحرف علاج لاعتلال خطير الى طريقة لاجداث تلك الحالة . ولقد رأينا ما يكفى من آثار أشد علوم النفس التطبيقية ارتجالا فى دكتاتوريات الحرب العالمية الثانية . ولذلك فيجب علينا أن نتذكر أن مجرد ازدياد المعرفة بالعقل البشرى لا يستلزم جهل الناس فى حالة أفضل ، وأن كل تقدم علمى يضع مع ذلك مسؤولية أكبر على عاتق العقل البشرى من جهة استعمال هذا التقدم الاستعمال الصحيح .



## الفصل السادس عشر

# الحركة نحن زاهبون؟

### ١- التحرك الذاتى

لقد رأينا فى الفصل السادس كيف أن استعمال آلة وات البخارية كمصدر من مصادر القوة فى المناجم والمصانع ، واستعمال القوة البخارية فى تسير القاطرة نتج عنه استخدام سلسلة كاملة من نواحي التقدم الفنية ذات الأثر الفعال التى ساهمت فى أحداث التغييرات الاجتماعية التى عرفت بالثورة الصناعية . وتتغير طرق حياتنا اليوم فى العقود الوسطى للقرن العشرين بسرعة كبيرة حتى أننا حقاً نعيش فى ثورة صناعية جديدة ، ثورة تقوم فيها الآلات الدقيقة والأجهزة الحاسبة بمهام معقدة دون تدخل بشرى . وتندرج مثل هذه العمليات تحت أسم التحرك الذاتى الذى نقرأ عنه الكثير جداً فى الصحافة اليومية .

ان المكونات الأساسية لكثير من الدوائر الكهربائية المستعملة فى عمليات التحرك الذاتى هى الصمام الثرميونى والخلية الضوئية . ومع ذلك يستعاض عن الصمام الثرميونى فى بعض الحالات بجهاز يعتمد على الخواص القريبة للمواد التى ليست بموصلات جيدة ولا بموادعازلة، تلك المواد التى تعرف باسم مواد نصف موصلة . وقد أعلن عام ١٩٤٨ عن تقدم ملحوظ فى استعمال تلك المواد بواسطة علماء الفيزياء القائمين بأبحاث خاصة بمعامل تليفون بل . لقد اخترعوا الصمام البلورى المعروف الآن عادة باسم الترانزستور . وقد تكون هذا الجهاز من صحيفة رقيقة جداً من الجيرمانيوم ووصلتى شارب القط . ويحدث مثل هذا الجهاز تياراً متردداً يتخذ اتجاهها واحداً ، ويتسبب أيضاً فى أحداث تيار متزايد عند تشغيله . وبمعنى آخر فإن الصمام البلورى أو الترانزستور جهاز تصفية وجهاز تكبير إقلى الوقت ذاته . وعلى ذلك فإنه يقوم بمهام الصمام الثرميونى . ومن مزايا أجهزة الترانزستور العظمى أنها أكثر احكاماً وأنه لا حاجة فيها الى تيار منفصل كما هى الحالة فى الصمام



العادى . وهى لهذا السبب غالبا ما تستعمل فى التجهيزات الكهربائية المتحركة اللازمة فى كثير من عمليات التحرك الذاتى .

وتعتبر بعض مظاهر التحرك الذاتى نتيجة طبيعية للتحسينات التى أدخلت على الأجهزة الميكانيكية لتوفير الجهد فى المؤسسات الصناعية والتجارية والورش . وتواجه نواحي التقدم هذه حاجتنا الى مزيد من الانتاج والى مزيد من توفير الوقت . ولكن استعمال الآلة الحاسبة الالكترونية الذاتية الحركة التى تعرف غالبا باسم المخ الالكترونى أنها هو شىء جديد على عصرنا الحالى ، ويفتح الطريق لاستعمال أكثر فاعلية بكثير عما عرف من قبل لكل من الموارد المادية والبشرية . وليس هناك بالطبع افتراض قط بأن المخ البشرى لن يعود فى حاجة اليه . ان نواحي التقدم التى تمت فى ميدان التحرك الذاتى إنما هى فى الحقيقة من الحوافز التى تستدعى قدرة أعظم على الابتكار ، ومهارة أكثر ، ودرجة عظيمة من التأزم مع الظروف الجديدة .

وهناك نوع من الآلات الحاسبة يعرف بالحاسبة الرقمية . وهونوع على درجة كبيرة من التعقيد . ويرجع المبدأ الأساسى الذى تقوم عليه هذه الآلات الى المعداد ، أو اطار العد ، والى تألية (١) ذلك المبدأ فى المكنات الحاسبة الأولى التى ابتكرها شارلز باباج ( ١٨٩٢ - ١٨٧١ ) وهناك بعض أجزاء من آلاته محفوظة فى متحف العلوم فى سووث كينسينجتون . والحاسبة الرقمية مصممة بحيث تعد أو تلفظ أشياء متباينة فى أنواعها ، سواء كانت ثقبوا فى بطاقات أو نبضات كهربية أحادية - وفى الحقيقة يمكن التعبير عن أى شىء بالأرقام ، ثم بعد ذلك . وهذا هو الميدان الذى يستعمل فيه الصمام الثرميونى أو الترانزستور ، اذ أنه يسمح بمرور تيار كهربى أو يمنع تيارا من المرور . ولذلك فهناك مادة مناسبة ذات طبيعة متباينة تستسلم للحساب الرقمية . ويجب التعبير عن الأعداد طبقا للمقياس الثنائى بدلا من المقياس العشرى العادى ، وبعد ذلك يمكن معالجتها بواسطة الحاسبة . ان نفس طبيعة الاشارات الكهربائية كوحداث ، وانعدام وزنها ، وسرعتها ، تجعل الحاسبة الرقمية الحديثة مختلفة اختلافا شاسعا عن الآلات الحاسبة الأولى التى كانت تعتمد على الحركات الآلية لروافع صغيرة كانت أحيانا ما تخطئ وفى حاجة دائمة الى التشحيم .

وهناك نوع آخر من الأجهزة الالكترونية مستعمل فى عمليات التحرك الذاتى وهو الحاسبة القياسية . وتمثل الأعداد فى هذه الآلة لا بمقادير متغيرة بل بمقادير مستمرة . وعلى هذا فكما ان الطول فى المسطرة

( ١ ) تحويله الى نظام آلى ( المترجم )



الحاسبة يمثل لوغاريتم عدد من الأعداد ، فكذلك تمثل الأعداد فى الحاسبة القياسية بالأطوال أو بزوايا الدوران أو بالفولتات • وتتجمع فى الحاسبة القياسية دوائر الكترونية متعددة بحيث تشابه تتابعات سلوكها سلوك الجهاز الآلى الذى تسجله أو تتحكم فيه • ويعمل الجهازان الكهربى والآلى فى الحقيقة وفقا لنفس مجموعة العلاقات الرياضية التى تعبر عنها مجموعة من المعادلات المتماثلة • ولذلك فمهمة العقل البشرى المتحكم فى الحاسبة تجزئة المسألة المراد حلها الى أجزاءها التى تتكون منها بحيث يمكن التعبير عنها كمعادلة • ومهما استعمل أى نوع من الحاسبات ، فإن العمل المبدئى من تخطيط أو وضع برامج ، كما يدعى ، إنما يقع على عاتق مجموعة من علماء الرياضيات والخبراء فى العمل الخاص الذى يقام به • وبعد ذلك يتولى العمل جماعة التشغيل وفنيو الصناعة •

وتستعمل الحاسبات القياسية بنجاح فى آلة تسنين الكامات (١) وذلك فى الصناعات الكهربائية والموسيقية فى بريطانيا العظمى • ويتم التحكم فى هذه الآلة بواسطة شريط مثقوب ، ويتكون التخطيط البرنامجى من مجموعة من الاحداثيات تطابق الأوضاع اللازمة لسكين التفريز • ويوضع فى نوع آخر من آلات التفريز التى تدار الكترونيا نموذج للشكل المراد نسخه فى وضع يمكن به تتبع سطحه الكلى بواسطة آلة حساسة تسجل الاختلافات البسيطة فى الضغط بواسطة اشارات كهربية • وتحرك هذه بواسطة ما يسمى بالتحكم الآلى البعيد سكين التفريز الذى يلمس النموذج لمسا بسيطا • وبهذه الطريقة يمكن القيام بنسخ معقد ذى ثلاثة أبعاد بطريقة دقيقة •

ولا تستعمل الحاسبات الالكترونية فحسب لإدارة عدد الآلات ، بل أيضا فى العمل المصلحى لتقليل الجهد الى الحد الأدنى ولضمان دقة التسجيل • ونذكر على سبيل المثال لذلك الجهاز الذى ابتكره ج . ليونز وشركاه • ويسمى هذا الجهاز جهاز ليو ، وهو اختصار ملائم لمكتب ليونز الالكترونى ( ٢ ) ، ويحسب هذا الجهاز مرتب عشرة آلاف موظف اقى حوالى أربع ساعات • ويعالج ليو أيضا طلبات محلات شاي ليونز من المخازن ، ويقوم بما يتطلبه هذا من تدوين لكل ما يختص بتعبئة ونقل الكعك والفطائر ، ويقوم فى الوقت نفسه بعمل الميزانية • وهناك جهاز الكترونى آخر معقد ذو أهمية خاصة لحاملى السندات ذات الاقساط وهو الجهاز الالكترونى لبيان الأعداد بطريقة عشواء ، واسمه الدارج

---

( ١ ) أى أقراص التنظيم المحولة ( المترجم ) •

( ٢ ) كان المثال النمطى لذلك هو الجهاز الحاسب الكبير ، وادسك ، المصمم فى كيمبردج •



المعروف به هو أرني . وهو مصمم بحيث يسجل صدمات الالكترونات التي تحدث صدقة فى انبوبة تفريغ ، وبذلك يعطى نخبة من الأعداد جزافا وتطبع أجهزة الحساب اللازمة الأعداد المطلوبة اتوماتيكيا .

وتظهر بوضوح طرق التحرك الذاتى المستعملة فى مشاكل الادارة وكذلك فى أساليب الانتاج فى صناعة البترول . وتشكل ظروف التوليد الكهربائى والنقل الجوى والمائى على أعلى مستوى تخطيطى فى الصناعات المعدنية مجموعة معقدة من المتنوعات لابد من ايجاد أفضل الطرق لاستعمال مواردها . وأحيانا ما تستسلم هذه المشاكل لتخطيط البرامج واستخدام الحاسبات . وكذلك فان استعمال الحاسبات الالكترونية فى المقادير الهائلة من البيانات التى تتطلبها العمليات المختلفة فى مصنع فنى هائل من شأنه تيسير وسائل الاتصالات داخل هذا المصنع . وتباشر فى معمل تكرير البترول نفسه ادارة كثير من العمليات الكيماوية من حجرة المراقبة المركزية ، ويمكن للناظر أن يقرأ بالضبط من آلات مختلفة وهو جالس فى مكتبه كيف تعمل بعض الآلات الميكانيكية فى مختلف أجزاء المصنع . وتسجل القياسات الطبيعية مثل الضغط والزوجة وتجرى طبقا لذلك التعديلات بالنسبة لوضع آلات القيادة . وتقع مهمة وضع تخطيط برنامج معمل التكرير على عاتق اخصائى فى الرياضات ، انه يفرز البيانات ويكون المعادلات التى لابد من حلها بواسطة حاسبة الكترونية . ويستسلم جم غفير من المشاكل الأخرى الخاصة بمصادر التموين وتسويق الناتج النهائى للحساب الالكترونى .

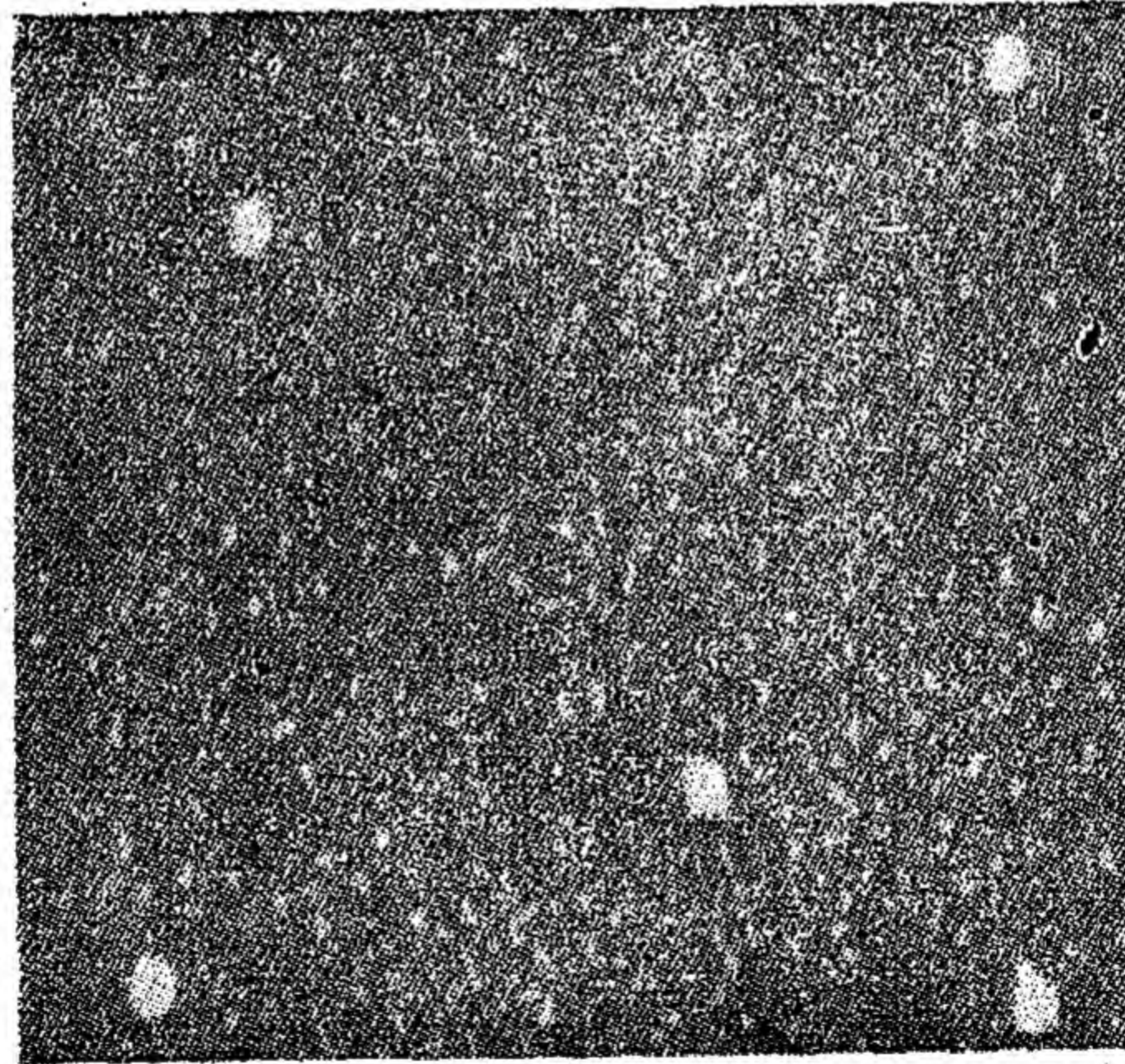
وتعتبر الحاسبة الالكترونية فى الأمثلة التى أوردناها امتدادا لقوى الانسان الحسابية ، كما اعتبرت الآلة امتدادا لليد البشرية ، والمجهر امتدادا للعين الانسانية . ولكن الأجهزة الالكترونية فى استطاعتها أيضا اختزان البيانات ، وبذلك تعتبر امتدادا للذاكرة الانسانية . وأبسط طريقة هى تسجيل علامات على شريط أو قرص مدرج . ويمكن اختزان مثل هذه العلاقات لمدى غير محدود ، وتتكون منها ذاكرة الحاسبة . ويمكن كذلك جعل الحاسبة تستجيب لعلامات من حجم معين ، وتنبذ كل ماعداها . وهى بذلك تمارس نوعا بدائيا من التمييز ، وتشكل بذلك امتدادا آخر لقوى الانسان . ومما لا شك فيه أن ما تم من تقدم فى الأجهزة الحاسبة الالكترونية يقع فى دائرة النظام الجديد لعلم الأعصاب الالكترونية ، ذلك العلم الذى يختص بأجهزة التحكم والقيادة فى البشر والآلات .





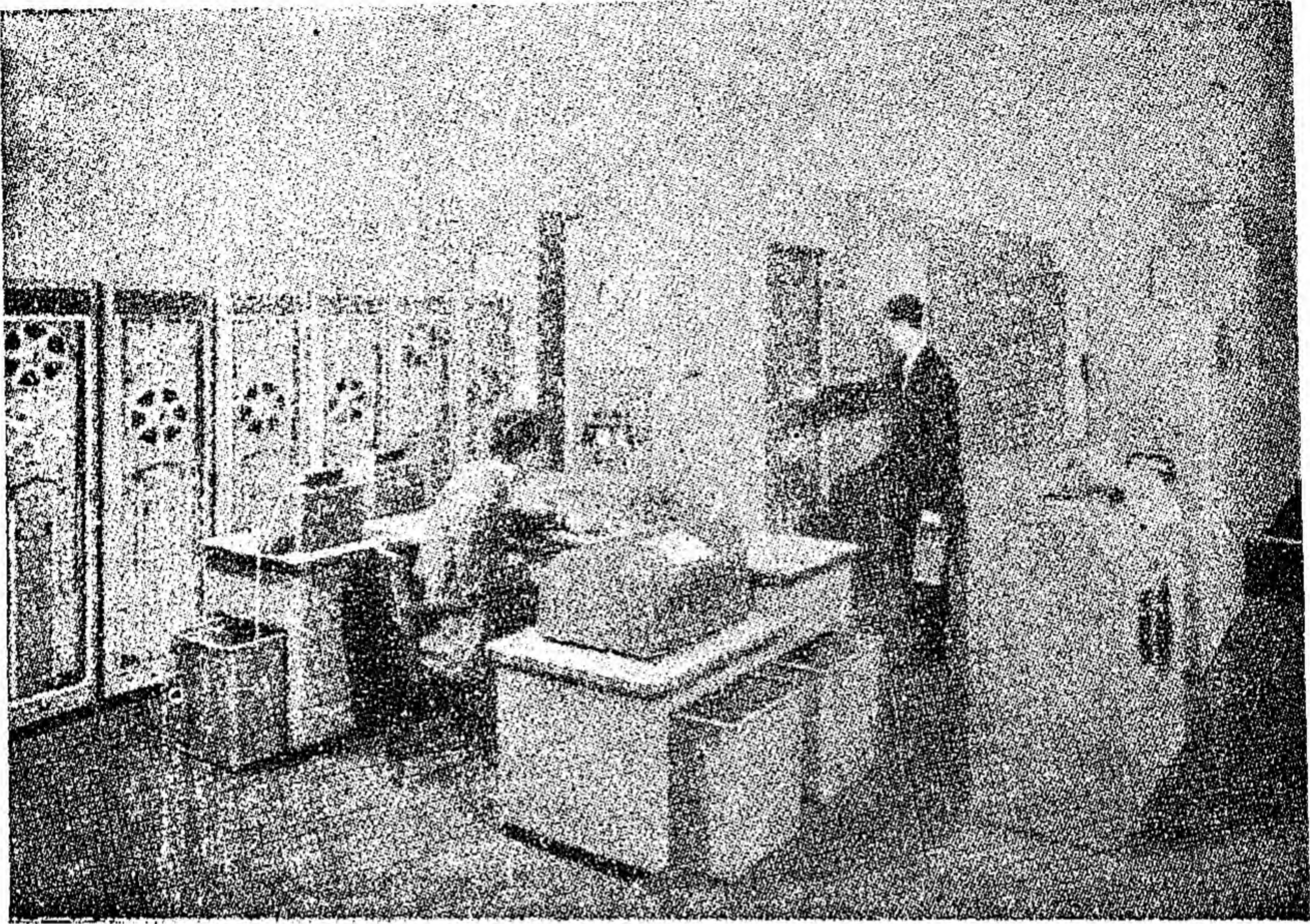
بلورات من هذا الفيروس تحتوى كل بلورة ملايين من الدقائق الفيروسية منضدة تنضيدا هندسيا دقيقا بجانب بعضها البعض

التهاب المادة السنجابية فى النخاع الشوكى



هذه الكرات الزغبية المظهر انما هي عبارة عن دقائق من اول نوع من فيروسات التهاب المادة السنجابية فى النخاع الشوكى من خلال مجهر الكترونى





جهاز فيرانتى بيرسيس لتنسيق البيانات فى الوسط الحاسبة الاساسية . وفى الخلف  
على اليسار جهاز التشغيل . وفى الخلف على اليمين وحدات الاشرطة المفتلة والبطاقات  
المثقوبة . وترى وحدات الاشرطة المفتلة فى واجهة الصورة الامامية من اليسار ، ووحدات  
قراعات البطاقات المثقوبة فى واجهة الصورة الامامية من اليمين .



## ٢ = أبحاث الفضاء

ان تقدم العلم الخاص بطبقات الجو العليا يتوقف أولا على تصميم صاروخ مناسب يصل الى الطبقات العليا المراد ارتيادها ، ويمكنه حمل آلات التسجيل الضرورية . والصواريخ الخاصة بهذا النوع من الأبحاث انما هي فى الحقيقة قذائف ينبعث منها تيار نفث ذو سرعة عالية فور انطلاقها . ويحمل رد فعل هذا التيار النفث الصاروخ فى المرحلة الأولى من انطلاقه . وهذا المبدأ مماثل لذلك المبدأ الذى تسير الطائرات النفاثة بمقتضاه ، ألا وهو تساوى كمية الحركة كما هو مبين فى قانون نيوتن الثالث . ولكن على الرغم من بساطة المبدأ ، فقد تطلب الأمر قدرا كبيرا من الجهد لبناء صاروخ يكون ذا فائدة فى أعمال الارتياح . ان الصاروخ ف ٢ ثبت أنه باهظ التكاليف . وكان وقوده الأوكسجين السائل والكحول المشتعل بسرعة هائلة ، كما كان الأمر يحتاج الى ثلاثين رجلا لانطلاقه . وابتكر الأمريكيون بعد ذلك صاروخا أقل تكاليفا ، الراكون ، الذى أطلق من مناطيد بلاستيكية من ارتفاعات تبلغ خمسة عشر ميلا . وبمثل هذه الوسائل استطاعوا الحصول على عينات من الهواء من الطبقات العليا ومن قياس سرعة الرياح على ارتفاعات عالية متفاوتة .

ومن الضروري فى كثير من أمثال تلك التجارب الامام بموقع الصاروخ اثناء سباحته فى الفضاء وتحقيقا لهذا الغرض يجهز موقع الانطلاق بالآلات بصرية تسجل ارتفاع الصاروخ المنطلق بالنسبة للأفق وهناك أيضا أجهزة رادار يمكن بواسطتها مشاهدة موقع الصاروخ على شاشة . ويحمل الصاروخ نفسه آلة تصوير الأراضى ، وآلات لتسجيل التغيرات فى مجال الأرض المغنطيسى . وقد أبانت التجارب الصاروخية بالفعل أن الشمس ينبعث منها لا الضوء المرئى فحسب ، بل أيضا أشعة سينية لطيفة - أى ضوء غير منظور - وقد يوضح المزيد من الجهد تألق الهواء الغريب نهارا وليلا ويزيد معلوماتنا عن الطيف الضوئى للشمس وعن الأشعة الكونية والشهب .

وربما كان أعظم حدث أثار الاهتمام فى أبحاث الفضاء هو نجاح الروس فى اطلاق أقمار صناعية ثقيلة الى الفضاء اتخذت لها مدارات حول الأرض وكان قمرهم الصناعى الثانى أثقل ست مرات من القمر الأول ، ومزودا لا بالآلات فحسب ، بل بمسجل حى - الا وهو الكلب . ومع ذلك فليست هناك الى الآن وقائع كافية لتقدير قيمة الأقمار الصناعية . ولكن رد الفعل الأول الذى أحدثه هذا كان أعجابا بالعمل الفنى العظيم الذى أبداه الروس ان كون الأقمار الصناعية قد استمرت إقلى مدارها حول الأرض ، وارسال أجهزة الارسال اللاسلكية التى تحملها اشارات تنبىء من قبل بدبذبتها



يهدأ أنتصاراً في ذاته . ومع أن جهاز إرسال القمر الصناعي الروسي الثاني كان سريعاً فوق العادة ، إلا أن رجال الارصاد في كيمبردج وفي محطة جودرل باند بجامعة منشستر تتبعوا تحركه في مداره .

وهنا نجد حلقة اتصال هامة مع العاملين في ميادين أخرى . انه من المعروف الآن أن النجوم لا ينبعث منها نور منظور فحسب ، بل أيضاً اشعاعات أخرى لا يمكن كشفها بواسطة تلسكوب بصرى . وبعض هذه الاشعاعات طول موجاتها أقصر من طول موجات الضوء ، وبعضها ذات موجات أطول من موجات الضوء من نوع موجات اللاسلكى . ونشأ عن دراسة هذه الموجات الأطول ما يعتبر في الواقع علماً جديداً ، ألا وهو الفلك اللاسلكى . ومع ذلك فإن الغلاف الجوى يقف حائلاً دون جميع الاشعاعات الصادرة من النجوم عدا الضوء وموجات اللاسلكى القصيرة ولذلك لابد من القيام بدراسات للاشعاعات الأخرى من فوق الغلاف الجوى ومن المتوقع في هذا الميدان أن يلعب القمر الصناعي دوراً هاماً لا في جعل الدراسات الفلكية اللاسلكية تمتد إلى الموجات الطويلة ، بل إلى ارتياد ميادين الأشعة دون الحمراء ، وفوق البنفسجية ، والأشعة السينية ، وأشعة جاما .

وقد أطلق الروس أول قمر صناعى في أكتوبر ١٩٥٧ . وأرسل الأمريكيون في السنة التالية صاروخاً ، سمي باسم الرائد ، سقط بعد أن وصل إلى ارتفاع هائل بلغ ٧٩٠٠٠ ميل إلى الغلاف الجوى ثانية وتفكك . وفي أوائل عام ١٩٥٩ أرسل الروس الصاروخ لونيكا الذى قالوا انه مر على بعد ٥٠٠٠ ميل من القمر . وأحرز العلماء الروس في نفس العام بعد ذلك نجاحاً مبيناً باطلاق صاروخ هبط على القمر في الوقت المتنبأ به بالضبط تقريباً .

وتبدو الرحلات إلى القمر كرحلات جيولز فيرن وبعض كتابات ه . ج . ويلز ، ولذلك فمن المستحسن أن نوجه السؤال الآتى : أنتج شيء ذو قيمة عن أبحاث الفضاء التى تمت إلى الآن ؟ هل الاعداد للمزيد من الرحلات الفضائية أمر يستحق العناء ؟ ان هذين السؤالين القيا اثناء نقاش دار تحت رعاية الجمعية الملكية في نوفمبر ١٩٥٨ . ويبدو أنه قد تحققت بالفعل نتائج مؤكدة ، فقد زودتنا استقصاءات الصواريخ والأقمار الصناعية بحقائق عن درجة حرارة الغلاف الجوى للأرض وكثافته . كما صححت التقديرات السابقة لأبعاد الأرض . ويبدو الآن أنه يوجد في الأيونوسفير تلك المنطقة ذات الغازات المتأينة التى تحيط بالأرض تدرج شديد في درجات الحرارة مما يشير إلى مصدر هائل من مصادر الطاقة ربما كان صادراً من الجو الخارجى للشمس . وكذلك فإن البيانات



المستقاة من الأقمار الصناعية الاستكشافية للولايات المتحدة تبين وجود طبقة من الاشعاعات حول الأرض ناتجة عن الشمس لا عن الأشعة الكونية وتبلغ اشعاعات هذه المنطقة أقصى درجات شدتها في منطقة تبعد عنا قدر نصف قطر الأرض مرتين ، وتمتد الى بعد يبلغ ثمانية أمثال نصف قطر الأرض ، وقد سمي هذا الحزام باسم حزام اشعاع فان ألن .

وقد انصب كثير من النقاش الذى دار فى الجمعية الملكية على نوع المشاكل التى يمكن لأبحاث الفضاء أن تتناولها بالفحص . وعلى ذلك فإن الأقمار التى رجعت سالمة الى الأرض قد تكون قد حملت معها معلومات عن الأشعة الكونية . ومن الممكن تجهيز الصواريخ التى تدور حول القمر بأجهزة تليفزيونية تستكشف سطح القمر . ويمكن استقصاء الأحوال السائدة فى المريخ بآلات يمكن بها الكشف عن أنواع من الحياة قد توجد هناك . وقد تفتح التلسكوبات التى تقوم بعملها من فوق الغلاف الجوى ميدانا جديدا كل الجدة . ويبتكر علماء الفيزياء الآن بالفعل آلات دقيقة لمشاهدة سفن الفضاء من الأرض ، وسيسجل نوع جديد من التلسكوب اللاسلكى الذى أقيم فى مؤسسة الرادار فى مالفرن مواقع الأقمار الصناعية بدقة أعظم مما هو ممكن بواسطة الأجهزة الموجودة .

أن مثل تلك الأفكار ذات أهمية لنا جميعا ، وقد يتمخض المستقبل من اكتشافات مذهشة . وليراودنا الأمل انه فى ارتياد الفضاء الخارجى حيث لا يمكن للدول أن تخاطر بادعاء ملكيته سيكون هناك تنسيق للجهود كالتنسيق الذى بدأ أثناء الثمانية عشر شهرا للسنة الجيوفيزيائية الدولية . وقد أسهمت أثناء ذلك الوقت أكثر من ستين دولة فى تجميع مجموعة من البيانات التى ستحتل بعد تحليلها وتمحيصها مكانا فى الهيكل العام للمعرفة العلمية التى لا تعرف حدودا . وعلاوة على ذلك فإن الاخلاص الذى تجلى بين الشرق والغرب خلال ما بد من نشاط أثناء السنة الجيوفيزيائية الدولية قد تردد صدها فى المجلس الأوروبى للأبحاث النووية فى جينيف . وجهاز سنكروسا بكترون الجبار وهو جهاز مصمم لانتاج جسيمات نووية ذات طاقة عالية هو ذاته احدى نتائج التعاون بين الأمم ، وقد صنعت أجزاءه الرئيسية فى فرنسا وألمانيا وسويسرا وبلجيكا والسويد وهولندا والدانيمرك . ويمكن لعلماء الفيزياء من مختلف الممالك اغتنام فرصة وجودهم فى جينيف للاطلاع على هذا الجهاز وتنسيق ما وصلوا اليه من نتائج . وعلى ذلك يمكن لمثلئى البلاد الذين كانوا يوما ما أعداء الداء فى الحرب أن يتقابلوا على أرض محايدة لأغراض السلام .



### ٣ - أثر العلم

ان لنا أن نسأل أنفسنا وقد وصلنا الى هذه المرحلة : ما تأثير العلم التطبيقى الحديث على الشخص ذى التفكير العادى من رجل أو امرأة ؟ وما هى المشاعر التى تثور فى نفوسهم حينما يقرأون عن صواريخ الفضاء والقذائف والقوة النووية ؟ لقد وضعت هذه المسألة على بساط البحث بواسطة جماعة للبحث كونتها منظمة الصحة العالمية ، اذ أنها مشكلة ملحة فى حياتنا المتغيرة اليوم .

وقد اظهرت جميع التقارير الواردة من ممالك متعددة ومن الآراء الرسائل التى نتلقاها الصحافة أن الخوف منتشر انتشارا واسع المدى خشية أن تنطلق القوة النووية التى استعملت مرة لالقاء قنبلة على هيروشيما من عقالها بطريقة مدمرة أشد بكثير فتدمر قارة بأكملها، وعندئذ يهلك الغزاة مع فرائسهم فى بידاء مملوءة بالرمضاء . وليس هناك رعب من مثل تلك الحرب فحسب ، بل هناك أيضا ذلك الخوف البدائى من المجهول ، اذ يخشى الناس أن أى عبث بقوى الطبيعة قد يعنى تأثيرا عكسيا ، وذلك منذ اكتشاف نواة الذرة والتنبؤ بأن مكنوزات لا حد لها من الطاقة من الممكن انطلاقها من الذرة . وهذا شبيه بالخوف الذى كان أجدادنا يشعرون به حينما كانوا يبصرون مذنبا يتألق عبر السماء أو يسمعون زمجرة العاصفة المربعة . اهنالك أيضا من يقول أن العلم تجاوز حده ، وأن الانسان قد ملأه الغرور بما أتم من انجازات ، وأن عجزه ستسرع به الى الهاوية . وهناك أيضا تلك الأفكار الزاخرة بالأمل وما يدور فى خلد الناس من أن العلم يزداد يوما عن يوم مزدهرا باطراد - وأن القوة النووية ستدير آلات العالم كلها وتجعل الناس يجلسون هادئين يستمتعون بحياتهم . وهناك أيضا من يصور رجل العلم كإخصائى منقطع الصلة بالناس لا يحس بما فى الحياة الثقافية من مقومات بدیعة ومختص بالقياسات فحسب . ويرى بعض الناس كما يرى كيتس (١) أن العلم :

سيفتح ممالك الأسرار كلها بدقة

ويظهر الأجواء الموبوءة ويخرج الكنوز المخبوءة

ولكن لا داعى للوجل ، فالعلم لا يختص بأمور خارجة عن ميدانه .

---

( ١ ) هو الشاعر الانجليزى العظيم ( ١٧٩٥ - ١٨٢١ ) الذى نظم على الرغم من موته المبكر فى سن الخامسة والعشرين عددا من القصائد لاتفوقها قصائد أخرى فى غزارة الخيال وجمال الفكرة ( المترجم ) .



ويتابع الانسان أبحاثه فى مختلف ميادين النشاط البشرى العظيمة الأخرى من دين وفلسفة وفنون بطرق مختلفة .

#### ٤ - حدود العلم

ترجع العداوة تجاه العلم الى نظرة خاطئة عن مداه ومهامه . أن الانسان محب دائما لاستطلاع الدنيا التى تكتنفه ، وقد دفع به هذا الحافز الى احتقار مباهج الحياة والى أن يقضى أياما كادحا باحثا عن الحقيقة . ويزخر سجله بالفشل كما يزخر بالأعمال المجيدة ويبين تاريخ الثلاثمائة عام الأخيرة أن البناء الحقيقى للعلم انما بدأ فحسب حينما تعلم الناس قصر استقصاءاتهم على موضوع جلى واحد . ونحكم الآن نتيجة لهذا التحديد الدقيق على النتائج التى يصل اليها العلم طبقا لمقدار تناسقها ضمن مجالها الخاص . وتستعمل تلك المبادئ العامة المستقاة من الخبرة والتى تتكون منها قوانين علمية كوسيلة للمزيد من الأبحاث ، وتنبذ عند ظهور عدم جدواها . انه لا يوجد هناك اطلاقا أى قول بأن هناك مبدأ قاطعا ، ولا أى ادعاء بوجود حق مطلق .

وفى الحقيقة أن ما يعلنه العلم من نظريات يتحدد طبقا لمدى الخبرة الخاص بالموضوع المعالج . وتقتصر أقواله فى بعض الأحيان على مجرد افتراضات : اذا حدث هذا وهذا ، اذن ينتج هذا هذا . وفى داخل دورة من مثل هذه الافتراضات يمكن لمختلف الباحثين أن يتعاونوا ويوثق بالتنبؤات التى يكونونها . وبمعنى آخر فان العلم ما هو الا وصف للخبرات أكثر منه تفسير لها . وزيادة على ذلك فهو وصف داخل مجال محدود ، لاجال فيه لاى تقييم للمقاييس الأخلاقية والجمالية .

وفى تدبيجه لمثل هذا الوصف يستخدم العالم مفاهيم كمفاهيم الكتلة والطاقة والالكترون والنيوترون التى تستخدم كنوع من الاختزال لتوثيق الترابط بين الظواهر المشاهدة . وقد تبرهن تلك المفاهيم التى يستعين بها العالم على نقصها ، ولكنها مع ذلك تؤدي غرضا نافعا . فلقد رأينا فى الفصل العاشر كيف أن نظرية السيل الحرارى أدت خدمة قيمة لبلادك وغيره من العاملين فى القرن الثامن عشر ، ولكن النظرية نبذت حينما تكشفت معلومات أخرى . وكانت الكهرباء أيضا معتبرة كسيل واحد وأحيانا كساليين . وقد استخدمت نظرية السيل الكهربى لوصف الظواهر التى كانت معروفة حينئذ . وعلى الرغم من أن مثل تلك النظرية غريبة علينا اليوم ، الا أنها لم تمنع بريستلى من صنع آلات كهربية مفيدة ، كما لم تمنع فرانكلين من اجتذاب برق السحاب .



وانشا لنجد في الحقيقة أن تقدم العلم قد تضمن دائما مثل هذا التغيير من نظريات تهمل الى تخليقات صناعية تدمر وتحلل من جديد . ومع ذلك فالعلم لا يتكون من قروض من هذا القبيل ولا من قوانين غير مترابطة ، اذ ان العالم يعمل وهو مؤمن بأن وراءه ما سماه هويتهد سنة الطبيعة . وهذا الايمان القائم على تلك المبادئ العامة المنفصلة عن تجاربنا وتجارب زملائنا انما هو شيء خارج عن دائرة العلم خاص بالفلسفة . ومع ذلك فبصفته ايماننا ليس شيئا حقيقيا فحسب بل انه نور يهتدى به كثير من العاملين العلماء الذين يدركون انه على الرغم من الانجازات الفذة لهذا الفصل النى لم يسبق مثيل لها ، فانهم مازالوا في ميدان القوانين الرئيسية يتحسسون طريقهم في الظلام .

### ٥ - ما امامنا من عمل

لقد اعتاد نقاد حياتنا اليوم أن يقولوا انه بما أن العلم قد ادى الى التحرك الذاتى والى صناعة البضائع المادية بتكاليف قليلة وبكميات هائلة ، فان الحياة ستصبح هينة مريحة . انهم يقولون ان الانسان ستجف ينابيع جهوده وسيُنحل نتيجة لهذا الضمور فى قواه . قد يكون الامر كذلك ، ولكن أولئك الذين ينظرون بعين الحنين الى الماضى يجب أن يتذكروا انه مقابل صانع ماهر واحد سعيد الحظ كان يتقن عمله كان هناك مئات من المتسولين المصابين بالدرن الذين لا يجدون عملا قط ، وانه حول كل بلاط فى القسرن الثامن عشر حيث كان الأمير أو الدوق الحاكم يرعى الفنون وينشئ بطانة من رجال العلم الطرفاء كان الجزء الأعظم من الرعاية يقضون حياتهم فى كفاح من أجل الحصول على قوتهم اليومى .

أما اليوم فالصورة مختلفة : هناك فقر مدقع أقل ، وامتيازات أقل ومساواة أكثر - وهناك بعض الخسائر كما هناك بعض الأرباح . ومع ذلك فمن المحتم أن يعترف أدق النقاد أن العلم التطبيقى قد خفف من أعباء الكثيرين وهيا فرصا واسعة للاستفادة من وقت الفراغ ، كما لم يعد ميزة للقلة من الناس . وقد انتشرت مثل هذه التغيرات بسرعة عظيمة فى كثير من البلاد الصناعية حتى أصبحت الكتب الآن فى متناول الجميع واصبحت السيارة والراديو والتليفزيون فى متناول العامل الذى يتناول أجره أسبوعيا ، وحتى أصبح قضاء الأجازات فى الخارج وسيلة عادية للترويح عما يشعرون به من إرهاق وملل .

ان نفس وجود وسائل اللهو فى كل مكان على نطاق واسع له تأثير سيىء ، فعلى الرغم من أن الانسان حر فى استعمال وقت فراغه كما



يشاء ، إلا أنه كائن ذو عادات ويميل الى التفكير والتصرف كما يفعل زملاؤه . ولذلك فمن المحتمل أن يتقبل أفكارا يستقيها من الصحف والراديو والتليفزيون والسينما ، أفكارا قد يرفضها وهو فى لحظاته الهادئة . وقد لا تكون مثل هذه الأفكار ذات ضرر مباشر ، ولكن التكرار المتواصل قد يثلم نصل قواه الناقدة الحادة .

وقد تحدث بعض التأثيرات من ذات طبيعة العمل الذى تتطلبه الصناعة الحديثة . والآن وقد أزاح التحرك الذاتى عن كاهل الانسان عبء كثير من مسك الدفاتر ورعاية الآلات ، تلك الأعمال المملة ، فان هذا قد لا يستلزم استعماله وقت فراغه الاضافى بحكمة . انه قد يشعر بتقليل مسئوليته عن البضاعة المصنوعة التى تخرج فى النهاية بعد مرورها بين صف من العمال والآلات ، ويقدر مجهوده فقط على أساس الندر الذى يتقاضاه مقابل انتاجه .

ولكن أفى مقدورنا أن نرجع عقارب الساعة الى الوراء ؟ ان تالية العمل ، والوحدات الادارية الكبيرة فى الصناعة والحكومة كذلك ، يبدو أنها وجدت لتبقى . وسيكون الأمر أمر ايجاد توازن معقول بين حاجة الفرد الى المسئولية مع شعور بأنه ذو قيمة فى العمل الذى يقوم به ، وبين القدر الضرورى من الرقابة المنظمة التى تتطلبها ادارة مصنع أو مصلحة أو عمل تجارى . انه لا بد من ايجاد حل اذا كان من المحتم الا يلغى التحرر من الفاقة والكد المفرط بواسطة فقدان حرية الجهد الانسانى الثمينة .

أسيقوم الانسان بهذا من تلقاء نفسه؟ لقد قال باسكال (١) منذ ثلاثة قرون أن الثورات تغير كل شىء الا قلب الانسان . هل لنا أن نتفق معه ونتوقع أن يكون الانسان أنانيا دائما متصفا بالروح العدوانية ، مستعدا أن يكون أمعة يجرى وراء آلهة كاذبة ؟ أفى استطاعة الانسان أن يتعلم بعض السيطرة على نفس تلك النظم التى تشكل حياته ؟ ان علم النفس الاجتماعى فى أولى مراحلها فقط ، ولا تتطلب الأبحاث الخاصة بعلاقات الانسان بزملائه أمانة الطريقة العلمية التامة فحسب ، بل تتطلب الحكمة المكتنزة لفلاسفة الماضى العظام أيضا .

---

( ١ ) الفيلسوف الفرنسى الشهير ( ١٦٢٣ - ١٦٦٢ ) ، الذى كان عالم رياضيات معتازا ، واخترع آلة حسابية تدل على عبقريته كما قام بتجارب ألمعية فى علم استاتيكا السوائل وعلم الموائع المرنة ( المترجم ) .



أن الأمل يأتي من العلم ذاته الذي يأمرنا أن نلقى نظرة فحص طويلة على الزمن . انه من المقدر أن الانسان قد أخذ يستقر في مجتمعات زراعية ثابتة بعد ما يقرب من ستة آلاف سنة من تعلمه استخدام العدد والآلات . ولذلك فمدنيتنا الحالية التي تعتمد بدرجة كبيرة على العلم الذي نشأ خلال الثلثمائة سنة الأخيرة انما هي طور حديث من أطوار تاريخنا . ان لدينا الكثير مما يدعونا الى تأنيب أنفسنا لاستغلال علمنا التطبيقي في الحروب المهلكة ، وللأحقاد والشكوك الدولية ولا نصياعنا لمشيئة مستبد ظالم . ولكن اذا تجنب الانسان حربا نووية فقد يتحسس طريقه الى قدر من الاستقرار ، ويتعلم كيف يعيش في سلام مع زملائه . قد يستغرق هذا وقتا طويلا اذا حكمنا على ذلك بمقتضى سرعة أجدادنا الغابرين . وسيكون الثمن لذلك ، كثر الحرية ، اليقظة الدائمة ، وذلك لأنه مهما حقق أطفال أطفالنا ، فانهم سيفعلون ذلك فحسب على هدى الور الذي يتلقونه منا .



## محتويات الكتاب

الصفحة	الموضوع	الفصل
٣	تقديم	
٥	مقدمة	
٦	مقدمة الطبعة الثانية	
٦	مقدمة الطبعة الثالثة	
<b>الفصل الأول - النظر الى الوراء</b>		
٧	١ - بعض مميزات التفكير في القرون الوسطى	
١٠	٢ - الكيمياء القديمة	
١٥	٣ - روجر بيكون	
١٥	٤ - أول كتب مطبوعة	
١٧	٥ - الدنيا الجديدة	
١٩	٦ - حركة احياء العلوم	
<b>الفصل الثاني - نشأة العلم الحديث</b>		
٢٢	١ - ليوناردو دافنشى	
٢٣	٢ - نشأة علم التشريح الحديث	
٢٦	٣ - بواذر علم فلك جديد	
٣١	٤ - أفكار جديدة عن الكون	
٣٣	٥ - أساس الفلك القائم على أعمال الرصد	
٣٥	٦ - قوانين كيبلر	
<b>الفصل الثالث - عمل جاليليو</b>		
٣٨	١ - ياكورة أعماله	
٣٨	٢ - تجاربه على الأجسام الساقطة	
٤٠	٣ - أول قانون من قوانين الحركة	
٤٢	٤ - بادوا	
٤٢	٥ - تجارب بالتلسكوب	
٤٧	٦ - أمجد أعمال جاليليو	



## الفصل الرابع - افتتاح عصر التجربة

- ١ - أسس علم الفنتيسية ... ٥٠
- ٢ - اكتشاف الدورة الدموية ... ٥٥
- ٣ - اكتشافات المجهري ... ٦٠
- ٤ - فيزياء الفلاف الجوى ... ٦٣
- ٥ - مبادئ الكيمياء القائمة على أساس علمى ... ٦٨
- ٦ - فرانسيس بيكون والكشف العلمى ... ٧٣
- ٧ - الأكاديميات العلمية ... ٧٤

## الفصل الخامس - عصر نيوتن

- ١ - طرق رياضية جديدة ... ٨١
- ٢ - مشكلة الجاذبية ... ٨٣
- ٣ - محاولة نيوتن الأولى لحل المشكلة ... ٨٥
- ٤ - نظرية نيوتن فى الجاذبية ... ٨٧
- ٥ - بعض نواحي التقدم فى دراسة الضوء ... ٨٩
- ٦ - ماقام به نيوتن فى علم البصريات ... ٩٤
- ٧ - انتشار فلسفة نيوتن ... ٩٧
- ٨ - القانون العلمى ... ٩٨

## الفصل السادس - العلم فى الثورة الصناعية

- ١ - الحديد والصلب ... ١٠٢
- ٢ - الآلة البخارية ... ١٠٦
- ٣ - القارب البخارى والقاطرة البخارية ... ١٠٩
- ٤ - القوة الآلية وصناعة المنسوجات ... ١١٤

## الفصل السابع - العلم كعامل فى التغير الاجتماعى

- ١ - الانتاج المصنعى ... ١١٧
- ٢ - تغيرات فى الزراعة ... ١١٨
- ٣ - الاندفاع صوب المدن ... ١١٩
- ٤ - افكار اجتماعية جديدة ... ١٢١
- ٥ - نشأة سياسة الصحة العامة ... ١٢٣
- ٦ - التقدم فى علاج المرضى ... ١٢٦



## الفصل الثامن - أسس الكيمياء

١٣١	١ - طبيعة الهواء والماء
١٣٦	٢ - عمل لافوازييه فى الاحتراق
١٣٨	٣ - نظرية دالتون الذرية
١٤٠	٤ - تقدم النظرية الذرية
١٤٢	٥ - استقرار الكيمياء الحديثة

## الفصل التاسع - أسس عصر الكهرباء

١٤٨	١ - الاهتمام الى التيار الكهربى
١٥١	٢ - الكهرومنطيسية
١٥٤	٣ - أول قانون خاص بالتيار الكهربى
١٥٦	٤ - اكتشاف الحث الكهرومغناطيسى
١٦١	٥ - انتاج الكهرباء على نطاق واسع
١٦٣	٦ - الابراق البعيدة المدى
١٦٥	٧ - مراحل اللاسلكى الاولى

## الفصل العاشر - الطاقة والقوة

١٦٩	١ - قانون الطاقة
١٧٢	٢ - بعض تطبيقات مبدأ الطاقة
١٧٤	٣ - تحول الحرارة الى شغل
١٧٥	٤ - تحولات الطاقة
١٧٦	٥ - آلة الاحتراق الداخلى
١٧٨	٦ - الصناعة والنقل

## الفصل الحادى عشر - دراسة الأشياء الحية

١٨٠	١ - الدراسات المقارنة
١٨٥	٢ - التغيرات الكيميائية فى الكائنات الحية
١٨٧	٣ - الخلية
١٩٢	٤ - النظرية الجرثومية للمرض
١٩٤	٥ - بعض نتائج النظرية الجرثومية
١٩٦	٦ - الحرب المستمرة ضد المرض



## الفصل الثانى عشر - مفهوم النشوء والارتقاء

- ١ - الحياة فى العصور الغابرة ... .. ٢٠٠
- ٢ - مفهوم التطور ... .. ٢٠٣
- ٣ - نظرية الانتخاب الطبيعى ... .. ٢٠٥
- ٤ - الوراثة ... .. ٢٠٩
- ٥ - بعض نتائج نظرية دارون ومندل ... .. ٢١١

## الفصل الثالث عشر - الخطوات التى أدت الى العصر العلمى الحديث

- ١ - مطلع القرن التاسع عشر ... .. ٢١٤
- ٢ - اكتشاف الألكترون ... .. ٢١٤
- ٣ - الأشعة السينية ... .. ٢١٧
- ٤ - النشاط الاشعاعى ... .. ٢١٩
- ٥ - الضوء والاشعاع ... .. ٢٢١
- ٦ - وجهة نظر جديدة فى العلم ... .. ٢٢٤

## الفصل الرابع عشر - قوى جديدة ومواد جديدة

- ١ - مظاهر العلم الحديث ... .. ٢٢٠
- ٢ - الظواهر السطحية ... .. ٢٣١
- ٣ - التوربين النفثات ... .. ٢٣٣
- ٤ - المواد الانشائية ... .. ٢٣٨
- ٥ - اللدائن ... .. ٢٤١
- ٦ - التليفزيون والرادار ... .. ٢٤٤
- ٧ - الطاقة الذرية ... .. ٢٤٨

## الفصل الخامس عشر - العلم والصحة

- ١ - أرض لزراعة احتياجات العالم من حاصلات ... .. ٢٥٤
- ٢ - موارد الطعام ... .. ٢٥٦
- ٣ - تقدم الصحة العامة ... .. ٢٦٠
- ٤ - الوقاية ومنع العدوى ... .. ٢٦٢
- ٥ - المضادات الحيوية ... .. ٢٦٤
- ٦ - الصحة العقلية ... .. ٢٦٧



## الفصل السادس عشر - الى أين نحن ذاهبون

٢٧٠	... ..	١ - التحرك لذاتي
٢٧٦	... ..	٢ - أبحاث الفضاء
٢٧٩	... ..	٣ - أثر العلم
٢٨٠	... ..	٤ - حدود العلم
٢٨١	... ..	٥ - ما أمامنا من عمل



## توضيحات

### ١ - لوحات

رقم	موضوع اللوحة	صفحة
١	صفحة من أنجيل قديم مطبوع	٩
٢	رسم الاطراف من مذكرات ليوناردو	٢٤
٣	رسم قلب مشرح لليوناردو	٢٧
٤	صفحة عنوان كتاب فيسالييس العظيم المطبوع عام ١٤٥٢	٢٨
٥	تشریح الجسم من كتاب تركيب الجسم البشرى	٤٣
٦	رسم توضيحي لمفهوم الكون فى العصور الوسطى	٤٤
٧	تجارب هارفى على سواعد أناس أحياء مربوطة بضمادات	٥٧
٨	مجهر هوك	٥٨
٩	أشكال رسمها هوك لكائن حى كاس عشبى بحريا ، وورقة دزمار	
	وقطعة قماش حسب ما راه تحت المجهر	٦٤
١٠	نصف كرة ماجسديبيرج	٦٥
١١	تجارب بويل بالبارومتر	٦٩
١٢	صفحة عنوان الطبعة اللاتينية لكتاب بويل « الكيمياء الرتاب »	
	عام ١٦٦٨	٧٠
١٣	أقدم صورة لاجتماع جمعية العلماء	٧٩
١٤	ديكارت على مكتبه	٨٠
١٥	صهر الحديد	١٠٤
١٦	آلة بخارية قديمة لرفع الماء	١٠٥
١٧	قطار قديم للركاب ١٨٣٩	١١٢
١٨	آلات ميكانيكية قديمة للفزل	١١٣
١٩	منزل ريفى على نمط الاحوال السائدة قبل الثورة الصناعية	١٣٣
٢٠	معمل لفوازييه	١٣٤
٢١	معمل كيمياء	١٤٧
٢٢	التجارب الاولى على التيار الكهربى	١٤٩
٢٣	دالتون يجمع غاز المستنقعات	١٨٢
٢٤	رسم توضيحي قديم وطبعى جدا لنبات	١٨٣



رقم	موضوع اللوحة	صفحة
٢٥	( أ ) شريحتان لعضلة انسان وجلد دودة أرضية تحت المجهر	١٨٩
	(ب) الخلية البيضوية لقوقع	١٨٩ ... ..
٢٦	( أ ) خلايا دم الانسان	١٩٠ ... ..
	(ب) البكتير العنقودي « السبحى »	١٩٠ ... ..
٢٧	استخدام الاشعة السينية فى فحص صورة	٢٣٤ ... ..
٢٨	صورة أشعة سينية لاصبع انسان	٢٣٥ ... ..
٢٩	طبق الزرع الاصلى الذى شوهد عليه أثر البنسلين	٢٥٨ ... ..
٣٠	نموذج للنيلون البلورى	٢٥٩ ... ..
٣١	التهاب السنجابية: التهاب المادة السنجابية فى النخاع الشوكى	٢٧٤
٣٢	جهاز فيرانتى بيرسيس لتنسيق البيانات	٢٧٥ ... ..



ب - أشكال توضيحية

الشكل	موضوعه	الصفحة
١	الكيميائيون القدامى في عملهم	١٤
٢	آلة طباعة	١٧
٣	نظام الكون طبقا لكوبرنيكس	٢١
٤	أجهزة استعمالها تاكوبراهي	٢٤
٥	توضيح أول قانون ليكيبلر	٣٦
٦	توضيح قانون جاليليو للأجسام الساقطة	٤٠
٧	مسار قذيفة مدفع متحركة أفقيا	٤١
٨	رسم توضيحي قديم لكرة	٤٢
٩	مبدأ تلسكوب جاليليو	٤٥
١٠	توضيح تجربة جيلبرت بالمغنطيس الكروي	٥٢
١١	زاوية الانحراف	٥٢
١٢	تصوير جيلبرت لحداد يعمل على سندان	٥٤
١٣	كيف تسمح الصمامات في الأوردة للدم بالانسياب في اتجاه واحد فقط	٥٦
١٤	الدورة الدموية أثناء مرورها في القلب	٥٩
١٥	الصورة التي رسمها مالبيني لتطور جنين النصف	٦١
١٦	تجربة تورشيلي	٦٦
١٧	أحد أنواع مضخات الهواء التي استعمالها بويل	٦٧
١٨	جذب الأرض لكرة الكريكت	٨٤
١٩	حساب سرعة كرة كريكت دائرة حول الأرض	٨٥
٢٠	جذب الأرض للقمر	٨٦
٢١	جهاز نيوتن لاعتراض أجزاء من الطيف وإعادة تكوين الباقي	٩٥
٢٢	جهاز نيوتن لإعادة تجميع ألوان الطيف	٩٦
٢٣	تلسكوب نيوتن العاكس	٩٦
٢٤	آلة نيوكومن	١٠٧
٢٥	مضخة وات المفردة الاتجاه ١٧٨٨ - ١٨٠٠	١٠٨
٢٦	رسوم تبيانية لأنواع قديمة من الفطرات نشرت عام ١٨٣٤	١١٠
٢٧	أنواع فطرات ظهرت فيما بعد، من رسوم توضيحية نشرت عام ١٨٣٤	١١١
٢٨	نوع الرموز التي استعمالها دالتون	١٤٠
٢٩	عمود فولتا ، أو البطارية	١٥٠



الشكل	موضوعه	الصفحة
٣٠	تجربة أورستيد	١٥٢
٣١	مبدأ كهرومغنطيس حدوة الفرس	١٥٢
٣٢	مبدأ الزناد والجرس الكهربى	١٥٢
٣٣	جهاز دال به فاراداي على الدورات الكهرومغنطيسية	١٥٧
٣٤	تجربة فاراداي التى بين بها التيارات الحثة	١٦٠
٣٥	أبسط أنواع الدينامو أو الجزء المكمل له ، الموتور	١٦١
٣٦	أبسط أنواع التليفونات ، المرسل أو المستقبل	١٦٣
٣٧	توضيح احدى الطرق التى استعملها جول فى تقدير المسكافىء	
	الميكانيكى للحرارة	١٧١
٣٨	قنينة باستير	١٩٢
٣٩	القوى العاملة فى الطائرة	٢١٨
٤٠	رسم توضيحي لتصميم المحرك النفث	٢٣٧
٤١	مصادر البرسيكس	٢٤٢
٤٢	رسم كروكى لالة التصوير التليفزيونى	٢٤٥
٤٣	صمدى الرادار	٢٤٦
٤٤	رسم كروكى لسجلة أشعة المهبط للتذبذبات	٢٤٧



**ملزم التوزيع**  
**في الجمهورية العربية المتحدة وجميع أنحاء العالم**  
**الشركة القومية للتوزيع**

**مكتبات الشركة بالجمهورية العربية المتحدة**

القاهرة	٤٠٠١٢	تليفون	٣٦ شارع شريف	١ - فرع شريف
القاهرة	٥٥٠٣٢		١٩ شارع ٢٦ يوليو	٢ - فرع ٢٦ يوليو
القاهرة	٤٦٣٨٣		٥ ميدان عباس	٣ - فرع ميدان عباس
القاهرة	٣١١٨٧		١٣ شارع محمد عز العرب	٤ - فرع المتديان
القاهرة	٩١٠٧٤٢		٢٢ شارع الجمهورية	٥ - فرع الجمهورية
القاهرة	٩١٤٢٣٣		١٤ شارع الجمهورية	٦ - فرع هادي
القاهرة			ميدان الحسين	٧ - فرع الحسين
القاهرة	٨٩٨٣١١		١ ميدان الجيزة	٨ - فرع الجيزة
اسوان	٢٩٣٠		السوق السياحي	٩ - فرع اسوان
الاسكندرية	٢٥٩٢٥		٤٩ ش سعد وعلول	١٠ - فرع الاسكندرية
منطسا	٢٥٩٤		ميدان الساعة	١١ - فرع منطسا
المنصورة			ميدان المحطة	١٢ - فرع المنصورة
اسيوط			شارع الجمهورية	١٣ - فرع اسيوط

**مراكز وكلاء الشركة خارج الجمهورية العربية المتحدة**

الجزائر	شارع بن مهيدي العربي رقم ١١ ستر	١ - مركز توزيع الجزائر
بيروت	شارع دمشق	٢ - مركز توزيع لبنان
بغداد	ميدان التحرير	٣ - مركز توزيع العراق
سوريا	شارع ٢٩ آيار - دمشق	٤ - عبد الرحمن الكيالي
لبنان	ص. ب. رقم ٤٢٢٨ بيروت	٥ - الشركة العربية للتوزيع
العراق	مكتبة المني - بغداد	٦ - قاسم الرجب
الأردن	وكالة التوزيع - عمان	٧ - رجا الميسى
الكويت	منار للتوزيع ص. ب. ١٥٧١ الكويت	٨ - عبد العزيز العيسى
السعودية	شارع عمرو بن العاص - ليبيا	٩ - وكالة المطبوعات
بنغازي	٥٣ شارع عمرو بن العاص	١٠ - مكتب الرحلة العربية
طرابلس	شارع الرشيد	١١ - محمد بشير العرجاني
تونس	الساحة - الخليج العربي	١٢ - الشركة الوطنية للتوزيع
حلب	ص. ب. ٤٢ و ٦٤	١٣ - وكالة الأهرام
البحرين	المكتبة الاهلية ص. ب. ٢٦١	١٤ - المكتبة الوطنية
الدوحة	ص. ب. ٢٧	١٥ - مكتبة العروبة
دبي/عمان	المكتبة الوطنية ص. ب. ٢٥	١٦ - عبد الله حسين الرستالي
مسقط	شارع عبد القني ميدان التحرير	١٧ - المكتبة الحديثة
الكلاب	ص. ب. ٨٢	١٨ - أحمد سعيد حداد
عمان	ص. ب. ١٧١٤	١٩ - مكتبة دار القلم
امسرة	ص. ب. ٩٣٦	٢٠ - علي ابراهيم بشير
الريس ابابا	ص. ب. ٨١٥	٢١ - عبد الله قاسم الخرازي
مقدشيو	لندن	٢٢ - مكتبة ستر
مياسا	١٥ ش كندهار ص. ب. ٢٢٠٥	٢٣ - عبد الله غانم محمد
لندن	ص. ب. رقم ١٥٥	٢٤ - مكتب توزيع المطبوعات العربية
سنغافورة	مكتبة القيوم ص. ب. ٤٨٠	٢٥ - المكتب التجاري النهرني
الخرطوم	مكتبة ديرة ص. ب. ٢٤	٢٦ - مكتبة مصر
وادي مدني	المكتبة الوطنية ص. ب. ٢٤٥	٢٧ - مكتبة الفجر
الخرطوم	ص. ب. ٤٤	٢٨ - زكي جرجس بلليوس
بور سودان		٢٩ - ابراهيم عبد القيوم
قطرة		٣٠ - عوض الله محمود ديرة
وادي مدني		٣١ - عيسى عبد الله
كوستى		٣٢ - مصطفى صالح

**أسعار البيع للجمهور في الدول العربية**

سوريا	١٠٠ قرش سوري - لبنان	١٠٠ قرش لبناني - الأردن	١٠٠ فلس - العراق	١٠٠ فلس -
الكويت	١٢٠ فلس - السودان	١٠٠ مليم - ليبيا	١٠٠ مليم - قطر	١٥٠ درهم - البحرين
عمان	٢٠٠ ست - أدريس ابابا	١٠٠ ست - أسيرة	١٠٠ ست - العرائر	١٥٠ مستقيم



## هذا الكتاب

يبين هذا الكتاب كيف نمت بعض نواحي معرفتنا العلمية الحالية بعد أن وصل العلم الى أبعد الحدود في تشكيل حياة الناس وأفكارهم اليوم . ويفرض هذا علينا أن نهىء له مكانا خاصا في استعراضنا لتاريخ الحضارة .

وترى مؤلفة الكتاب أن ذلك سيساعد على تزويد غير العلماء بشيء من الإدراك للعلم ، كما سيكون تدريبا مفيدا لأولئك الذين يميلون الى الاستهانة بإنجازات الماضي المجيدة .

دار الكتاب العربي للطباعة والنشر

بالمطبعة

فرع الصحافة

الشمس

0590432

Bibliotheca Alexandrina